

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-162744

(43)Date of publication of application : 23.06.1995

(51)Int.Cl.

H04N 5/262
G06T 13/00
G06T 7/00
H04N 7/32

(21)Application number : 05-309473

(71)Applicant : OYO KEISOKU KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 09.12.1993

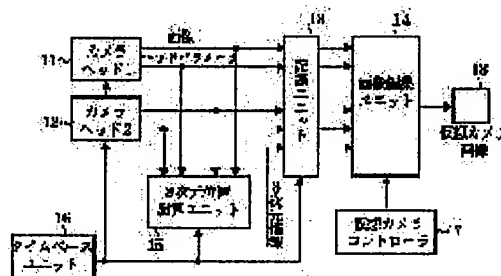
(72)Inventor : NAKAMURA TORU
KUWAJIMA SHIGEZUMI

(54) MOVING IMAGE PROCESSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To convert a mobile object into an image which is equivalent to an image imaged from an arbitrary space location or an arbitrary time base by performing an image conversion for which a surface that moves in the three-dimensional space is utilized.

CONSTITUTION: The image obtained at the time of a measurement is recorded with the parameters of camera heads 11 and 12 and three-dimensional information in a recording unit 13 and is inputted in an image edition unit 14. The parameter of a virtual camera is inputted from a virtual camera controller 17. In the image edition unit 14, the deformation of the video from the camera heads 11 and 12 is performed based on these information and a virtual camera image 18 is outputted. Namely, the image editing unit 14 projects the image of an imaged mobile object on one of conversion surfaces within moving space and converts the image into an equivalent image existing in space location or a time base which is different from the camera heads 11 and 12. This means performs an image conversion by one image unit and uses different conversion surfaces according to the movement of the mobile object.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3526896

[Date of registration] 27.02.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-162744

(43) 公開日 平成7年(1995)6月23日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 5/262				
G 0 6 T 13/00				
7/00				
		9071-5L	G 0 6 F 15/ 62	3 4 0 A
		9287-5L		4 1 5
		審査請求	未請求	請求項の数20 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-309473

(22) 出願日 平成5年(1993)12月9日

(71) 出願人 000140340

株式会社応用計測研究所

東京都大田区北千束3丁目26番12号

(72) 発明者 中村 亨

東京都大田区北千束3丁目26番12号 株式会社応用計測研究所内

(72) 発明者 桑島 茂範

東京都大田区北千束3丁目26番12号 株式会社応用計測研究所内

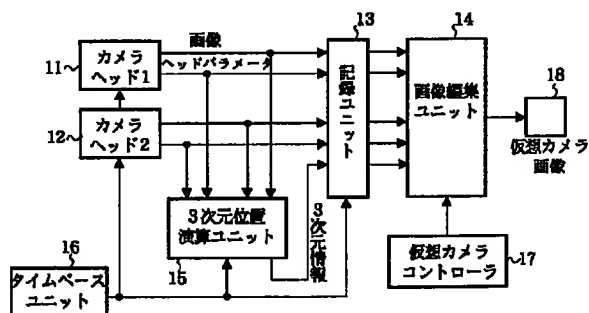
(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

(54) 【発明の名称】 動画像処理装置

(57) 【要約】

【目的】 3次元空間を移動する移動物体を撮影した画像を時間軸や空間位置を任意にとった画像に変換して表示できるようにする。

【構成】 3次元情報および時間情報を伴う移動物体の画像を、その撮像したカメラの視野内にある一つの面を考え、その面を媒介として任意の空間位置あるいは時間軸の位置にある仮想のカメラで撮像した画像に変換する。この変換のための基準面として変換面を考え、この変換面が3次元空間内を移動するものとして1フィールドごとに仮想カメラから撮像した画像に変換する。変換面は移動物体の性質や撮像用カメラの数等により不自然な画像とならないようにその画像編集の目的によって選択する。これにより3次元空間内を移動する対象物体画像の計測、表示等の編集が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 または複数の移動物体を撮像し当該移動物体の 3 次元空間情報とともに出力する撮像手段と、この撮像手段の出力画像を前記 3 次元空間情報を用いて処理する画像編集手段とを備えた動画像処理装置において、前記画像編集手段は、前記 3 次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する画像変換手段を備え、この画像変換手段は、1 画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、前記変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段とを含むことを特徴とする動画像処理装置。

【請求項 2】 複数の撮像手段を備え、この複数の撮像手段の視野が交叉する 3 次元空間内の平面または曲面のいずれかを前記変換面に設定する手段を含む請求項 1 記載の動画像処理装置。

【請求項 3】 変換面は平面であり、一つの撮像手段のカメラの光軸または上記仮想の撮像手段のカメラの光軸に垂直な面である請求項 1 または 2 記載の動画像処理装置。

【請求項 4】 変換面は平面であり、一つの撮像手段のカメラの光軸と仮想の撮像手段のカメラの光軸とがなす角度の所定角度以下で前記二つのカメラの光軸と交叉する面である請求項 1 または 2 記載の動画像処理装置。

【請求項 5】 変換面は撮像される移動物体を通過する平面である請求項 1 ないし 4 のいずれか記載の動画像処理装置。

【請求項 6】 変換面は曲面を含む請求項 1 記載の動画像処理装置。

【請求項 7】 曲面上に投影された移動物体の画像を平面上の画像に変換する手段を含む請求項 6 記載の動画像処理装置。

【請求項 8】 変換面は撮像される移動物体が移動する 3 次元空間内のあらかじめ定められた立体表面である請求項 1 記載の動画像処理装置。

【請求項 9】 1 または複数の移動物体を撮像し当該移動物体の 3 次元空間情報とともに出力する撮像手段と、この撮像手段の出力画像を前記 3 次元空間情報を用いて処理する画像編集手段とを備えた動画像処理装置において、前記画像編集手段は、前記 3 次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像さ

れた画像と等価な画像に変換する画像変換手段と、前記移動物体とは別に 3 次元情報の背景画像を記憶する背景画像記憶手段と、前記背景画像に基いて前記仮想撮像手段のカメラの空間的または時間軸パラメータにしたがう背景画像を生成し前記仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な移動物体の画像とを合成する背景合成手段とを含み、前記画像変換手段は、

1 画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、前記変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段とを含むことを特徴とする動画像処理装置。

【請求項 10】 背景画像記憶手段は、移動物体の軌跡を背景画像として記憶する手段を含み、背景合成手段は、この記憶された軌跡を他の移動物体の背景画像としてその他の移動物体の動画像に合成する手段を含む請求項 9 記載の動画像処理装置。

【請求項 11】 背景画像記憶手段は、ある時刻の移動物体の画像を背景画像として記憶する手段を含み、背景合成手段は、この記憶されたある時刻の移動物体の画像を他の移動物体の背景画像として当該移動物体の画像に合成する手段を含む請求項 9 記載の動画像処理装置。

【請求項 12】 複数の移動物体を撮像し当該移動物体の 3 次元空間情報とともに出力する複数の撮像手段と、この撮像手段の出力画像を前記 3 次元空間情報を用いて処理する画像編集手段とを備えた動画像処理装置において、前記画像編集手段は、前記 3 次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する画像変換手段を備え、この画像変換手段は、

1 画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、前記変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段とを含み、前記撮像手段は、それぞれの撮像手段で複数の移動物体のいずれかを撮像する手段を含み、前記画像編集手段は、この撮像された複数の移動物体の画像を前記仮想撮像手段の仮想カメラの位置からみた前後関係に基づいて合成する手段を含むことを特徴とする動画像処理装置。

【請求項 13】 前後関係に基づいて合成する手段は、1 画像単位で複数の対象物体の前記仮想の撮像手段に対する前後関係を指定するテーブルと、このテーブルを参照して前の画像を出力し、後の画像をマスクする手段とを備える請求項 12 記載の動画像処理装置。

【請求項 14】 画像編集手段は、撮像手段が撮像した画像から撮像対象の移動物体を背景から抽出する手段を含む請求項 12 または 13 記載の動画像処理装置。

【請求項 15】 1 または複数の移動物体を撮像し当該移動物体の 3 次元空間情報とともに出力する複数の撮像手段と、

この撮像手段の出力画像を前記 3 次元空間情報を用いて処理する画像編集手段とを備えた動画像処理装置において、

前記画像編集手段は、

前記 3 次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する画像変換手段を備え、この画像変換手段は、

1 画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、前記変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段とを含み、前記複数の撮像手段は同一移動物体を撮像する手段を備え、

前記画像変換手段は、前記複数の撮像手段の出力する画像のうち、前記仮想の撮像手段のカメラに適合する条件の画像を選択し、その撮像条件の変化によって複数の撮像手段の出力する画像を切り換えて変換する手段を含むことを特徴とする動画像処理装置。

【請求項 16】 仮想の撮像手段のカメラの撮像条件に最も近い条件の撮像手段の画像を選択する請求項 15 記載の動画像処理装置。

【請求項 17】 移動物体に対する仮想の撮像手段のカメラがなす角度に従って複数の撮像手段の出力画像を切り換える手段を含む請求項 15 記載の動画像処理装置。

【請求項 18】 撮影対象の移動物体がある空間領域に存在する場合に、前記撮像手段の一つがその空間領域を撮像し、仮想カメラの位置から遠い位置にある場合であっても、その移動物体が存在する空間領域を撮像している撮像手段の少なくとも一つの画像を用いる請求項 15 記載の動画像処理装置。

【請求項 19】 画像の切り替えにはヒステリシスが設けられている請求項 15 ないし 18 のいずれか記載の動画像処理装置。

【請求項 20】 1 または複数の移動物体を撮像し当該移動物体の 3 次元空間情報とともに出力する複数の撮像手段と、

この撮像手段の出力画像を前記 3 次元空間情報を用いて処理する画像編集手段とを備えた動画像処理装置において、

前記画像編集手段は、

前記 3 次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投

影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する画像変換手段を備え、この画像変換手段は、

1 画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、前記変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段と、前記複数の撮像手段の出力する複数の画像を平均化した画像を変換面の画像として仮想の撮像手段のカメラで撮像した画像に変換する手段とを含むことを特徴とする動画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、移動物体を撮像した画像の編集に利用する。本発明は、例えば、スポーツなどの競技者を撮影した画像を任意の空間位置から撮った画像や任意の時間軸の画像に変換編集して放送あるいは解析を行う場合に利用する。この編集された画像により異なる時間に行われた競技を比較でき、また、撮影装置の設定してある位置から撮った画像を特殊な空間位置から見た画像に変換できる。

【0002】なお、本明細書でいう動画像には、撮像の対象となる移動物体をリアルタイムで撮像した画像だけでなく、実時間の動きとは異なる時間間隔で撮像再生される連続する画像を含む。例えば動きの遅い撮像対象物体をある時間間隔で撮像して記録し、撮像したときとは異なる時間間隔で再生するコマ撮り等の処理が行われる画像も対象物体の動画像である。このような移動物体の画像も撮像時の時間間隔とは異なる時間間隔で編集すればリアルタイムで撮像した動画像とまったく同じものとなるからである。また、一枚の静止画像を空間位置を移動させながら撮像した場合も動画像である。

【0003】

【従来の技術】出願人は、陸上のトラック競技や水泳などの選手が移動する空間が 2 次元平面であるものについて、その平面を固定の拘束平面として、撮像カメラで撮像した画像を拘束平面をいわばスクリーンとする投影面に投影し、この投影された画像を任意の空間位置や時間軸上の仮想の撮像手段のカメラ（以下仮想カメラという）から撮像した画像と等価な画像に変換する技術を提案した（特願平 5-221363、出願時に未公開）。

【0004】この先願技術は、二次元に固定された拘束平面を用いたもので、撮像カメラで撮像した画像を投影する時空間マップは平面に限られる。しかし編集操作で、撮像に用いたカメラとは別の位置、方向、画角の仮想カメラの映像を得ることができる。

【0005】この技術は、撮像された映像を撮影された場所から拘束平面上に投影し、これを仮想カメラの位置から撮像した時に得られる画像を演算によって生成していた。このように、仮想カメラの画像に変換するための

10

20

30

40

50

画像変換面を拘束平面とすると、拘束平面を用いた位置計測系では、画像変換面を拘束平面と一致するものとして演算を行うことができ、その演算処理が容易で演算時間が少なくすむ利点がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような拘束平面を変換面とする画像変換では、例えばスキージャンプ競技やアルペン競技などのように、対象物体が3次元空間を移動するような競技には用いることができない問題がある。

【0007】また、平面であるグラウンド上で行われるサッカーやラグビーあるいはアメリカンフットボールなどでも、選手の姿勢は直立状態だけではなく、倒れたりあるいは倒立状態など大きく変化するため、拘束平面を用いた計測では、誤差が大きくなり、計測に拘束平面を用いることが適当でない場合もある。また、水泳のように選手の動き方向が1次元の場合と違って、選手の動きは2次元であるため、仮想カメラの視点によっては選手同士の前後関係が入れ代わり、画像の重なり順が入れ代わることが生ずる。

【0008】本発明の目的は、このような3次元空間を移動する移動物体を任意の空間位置あるいは任意の時間軸から撮像したと等価な画像に変換する動画像処理装置を提供することにある。

【0009】本発明の他の目的は、背景画像も3次元情報でもち、この3次元情報をもとに仮想カメラのパラメータに応じた背景画像として移動物体の画像と合成して現実感ある動画像を提供できる動画像処理装置を提供することにある。

【0010】また本発明の他の目的は、選手同士が重なりあうような競技を撮影しこれを任意の空間位置あるいは任意の時間軸から撮像した画像に変換するときに、その選手同士の重なりを調整して合成できる動画像処理装置を提供することにある。

【0011】また本発明の他の目的は、複数の撮像手段で撮像した3次元空間内の画像を合成する場合に、仮想カメラの位置等にもっとも適合する画像を用いて変換し自然な編集画像を出力できる動画像処理装置を提供することにある。

【0012】さらに本発明の他の目的は、複数の撮像手段で撮像した複数の移動物体の画像を仮想カメラからみた複数の移動物体の前後関係に調整した画像に変換する動画像装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の第一の観点は、3次元空間を移動する移動物体の動画像処理装置に係り、1または複数の移動物体を撮像し当該移動物体の3次元空間情報とともに出力する撮像手段と、この撮像手段の出力画像を前記3次元空間情報を用いて処理する画像編集手段とを備えた動画像処理装置において、前記画

像編集手段は、前記3次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する画像変換手段を備え、この画像変換手段は、1画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、前記変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段とを含むことを特徴とする。

10 【0014】なお、複数の撮像手段を備え、この複数の撮像手段の視野が交叉する3次元空間内の平面または曲面のいずれかを前記変換面に設定する手段を含むことができる。

【0015】また、変換面は平面であり、一つの撮像手段のカメラの光軸または上記仮想の撮像手段のカメラの光軸に垂直な面であることができる。

20 【0016】また、変換面は平面であり、一つの撮像手段のカメラの光軸と仮想の撮像手段のカメラの光軸とがなす角度の所定角度以下で前記二つのカメラの光軸と交叉する面であることができる。

【0017】また、変換面は撮像される移動物体を通過する平面であることができる。

【0018】また、変換面は曲面を含むことができ、曲面上に投影された移動物体の画像を平面上の画像に変換する手段を含むこともできる。

【0019】さらに、変換面は撮像される移動物体が移動する3次元空間内のあらかじめ定められた立体表面であることができる。

30 【0020】本発明の第二の観点は、仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に3次元空間情報に基づく背景画像を合成するものであって、画像編集手段は、前記3次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する画像変換手段と、前記移動物体とは別に3次元情報の背景画像を記憶する背景画像記憶手段と、前記背景画像に基いて前記仮想撮像手段のカメラの空間的または時間軸パラメータにしたがう背景画像を生成し前記仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な移動物体の画像とを合成する背景合成手段とを含み、前記画像変換手段は、1画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段とを含むことを特徴とする。

50 【0021】ここにおいて、背景画像記憶手段は、移動物体の軌跡を背景画像として記憶する手段を含み、背景合成手段は、この記憶された軌跡を他の移動物体の背景画像としてその他の移動物体の動画像に合成する手段を含むことができる。

【0022】また、背景画像記憶手段は、ある時刻の移動物体の画像を背景画像として記憶する手段を含み、背景合成手段は、この記憶されたある時刻の移動物体の画像を他の移動物体の背景画像として当該移動物体の画像に合成する手段を含むことができる。

【0023】本発明の第三の観点は、複数の移動物体を複数の撮像手段でそれぞれ撮像する場合の動画像処理装置に係り、画像編集手段は、3次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する画像変換手段を備え、この画像変換手段は、1画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、前記変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段とを含み、前記撮像手段は、それぞれの撮像手段で複数の移動物体のいずれかを撮像する手段を含み、前記画像編集手段は、この撮像された複数の移動物体の画像を前記仮想撮像手段の仮想カメラの位置からみた前後関係に基づいて合成する手段を含むことを特徴とする。

【0024】ここにおいて、前後関係に基づいて合成する手段は、1画像単位で複数の対象物体の前記仮想の撮像手段に対する前後関係を指定するテーブルと、このテーブルを参照して前の画像を出力し、後の画像をマスクする手段とを備えることができる。

【0025】また、画像編集手段は、撮像手段が撮像した画像から撮像対象の移動物体を背景から抽出する手段を含むことができる。

【0026】本発明の第四の観点は、複数の撮像手段からの画像を切り替えて仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する動画像処理装置に係り、画像編集手段は、3次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像を前記撮像手段とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する画像変換手段を備え、この画像変換手段は、1画像単位で前記画像変換を行う演算手段と、前記変換面として前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いる手段とを含み、前記複数の撮像手段は同一移動物体を撮像する手段を備え、前記画像変換手段は、前記複数の撮像手段の出力する画像のうち、前記仮想の撮像手段のカメラに適合する条件の画像を選択し、その撮像条件の変化によって複数の撮像手段の出力する画像を切り換えて変換する手段を含むことを特徴とする。

【0027】ここにおいて、仮想の撮像手段のカメラの撮像条件にもっとも近い条件の撮像手段の画像を選択することが好ましい。

【0028】また、移動物体に対する仮想の撮像手段の

カメラがなす角度に従って複数の撮像手段の出力画像を切り換える手段を含むことができる。

【0029】また、撮影対象の移動物体がある空間領域に存在する場合に、前記撮像手段の一つがその空間領域を撮像し、仮想カメラの位置から遠い位置にある場合であっても、その移動物体が存在する空間領域を撮像している撮像手段の少なくとも一つの画像を用いることができる。

【0030】また、画像の切り替えにはヒステリシスが設けられていることが好ましい。

【0031】本発明の第五の観点は、複数の撮像手段からの画像を切り替えて仮想の撮像手段で撮像された画像と等価な画像に変換する動画像処理装置に係り、その切り替えにおいて複数の撮像手段の中間的な画像を生成するものであって、画像変換手段は、前記複数の撮像手段の出力する複数の画像を平均化した画像を変換面の画像として仮想の撮像手段のカメラで撮像した画像に変換する手段を含むことを特徴とする。

【0032】

【作用】本発明では、移動物体である対象物体を撮影したカメラとは別の仮想カメラの映像を得るために、3次元空間を移動する面を利用した画像変換を行う。この3次元空間を移動する変換面は、対象物体の動きや撮像カメラの動き、仮想カメラの動きなどに応じて3次元空間内を移動する。この場合、さらに必要に応じて複数の変換面を利用する。このため、撮像カメラからの画像を投影する時空間マップは3次元に拡張され、複数の画像変換面が3次元空間に存在し、それらに投影された画像を仮想カメラの画像に変換する。この場合、移動物体は3次元空間を移動するものであるため、仮想カメラへの画像変換は1画像（1フィールドあるいは1フレーム）単位で行って、動画像として編集する。

【0033】3次元空間を移動する対象物体の3次元位置情報は、1台の追尾ヘッドあるいは2台以上の追尾ヘッドによって求めることができる。それぞれの追尾ヘッドは自身の3次元空間での位置、カメラの向いている方向、カメラの姿勢、カメラの画角を正確に求めることができる。

【0034】カメラで撮像された画像は、画像処理装置によって画像内での特定の点を求めることができる。レンズの画角、投影中心位置、撮像素子の姿勢などのパラメータはわかっているため、観測対象の対象物体上の同一点を1または複数のカメラヘッドが撮影していれば3次元空間でのその位置が計算できる。この3次元情報と画像とに基づいて画像の編集操作が行われる。

【0035】編集操作では、撮像したカメラとは別の視点から見た画像（仮想カメラ画像）を得ることができる。この仮想カメラ画像を得るためには、撮像されている画像に対して、3次元情報を用いて座標変換による変形を加え、画像変換を行う。この画像の変換は、空間内

のある面（変換面）に撮像された画像を投影し、その画像を仮想カメラで撮影することと等価である。本発明は、この変換を1フィールド時間内に行い、この変換に用いる変換面を複数使用し、さらに3次元情報に応じて変換面も動かすこと（順次異なる変換面を用いること）で、拘束平面を使わないで画像変換し3次元空間内を移動する対象物体に対する画像変換を行なえるようにする。

【0036】このように3次元空間内を移動する移動物体の画像を仮想カメラの画像に変換する場合、変換面をどのように選ぶかが問題である。一般的には、複数の撮像カメラで撮像した場合、変換面は理論的にはその複数の撮像カメラの視野が交叉する3次元空間内のどの平面または曲面でも用いることが可能である。しかし、画像処理の観点からは移動物体の性質によって決まり、観測対象の移動物体の代表点を通過する平面を使用することがよい。また、一つの撮像カメラあるいは仮想カメラの光軸に垂直な面を変換面とすると画像変換のためのパラメータが減少し演算処理が容易になる。ただし、一つの撮像カメラと仮想カメラの位置により、一つの撮像カメラからだけの画像を考えた場合、その撮像カメラの光軸と仮想カメラの光軸とが垂直に交わる場合には、その撮像カメラの光軸に垂直な変換面を使用することができないため、このような場合には撮像カメラの光軸と仮想カメラの光軸とがなす角度の半分程度の角度をなす変換面を採用する。

【0037】さらに、移動物体の背景画像も3次元空間となるため、背景画像も3次元データとなる。このため背景画像も3次元空間情報として立体モデルを合成して記憶しておき、仮想カメラの位置や画角等のパラメータに応じて変形して移動物体の画像と合成する。この場合、アルペン競技を撮影した画像のような場合、先の競技者の軌跡を背景画像として記憶しておき、後の競技者の画像に背景画像として合成する。また、ある時刻の対象移動物体の画像を記録しておき、別の時刻で移動する移動物体の背景画像として合成することも可能である。

【0038】また、複数の撮像カメラで撮像された複数の対象物体の画像を一つの仮想カメラの画像に変換する場合、対象物体の前後関係がその動きによって変動する。このような場合には、仮想カメラの位置からの対象物体の前後関係を画像の1フィールドごとに把握しておき、仮想カメラの画像に変換する場合にその対象物体の前後関係に応じた画像に変換する。すなわち、後ろに隠れる画像部分についてはマスクし前の画像部分のみを出力し、仮想カメラから見た画像が対象物体の前後関係にあうように編集する。

【0039】さらに、複数の撮像カメラで撮像された対象物体の画像を仮想カメラの画像に変換する場合に、対象物体の位置により、あるいは仮想カメラの位置により画像変換にもっと適した撮像カメラの画像を用いて変換

する。あるいは複数の撮像カメラの画像を平均化した画像を用いて仮想カメラの画像に変換する。この複数の撮像カメラ間の画像を切り替える場合その切り替えが中間位置で度々生じないように、また切り替えが不自然にならないように、切り替えにはヒステリシスをつける。あるいは中間位置では複数の撮像カメラの中間的画像を生成して複数の撮像カメラ間の画像を変換する。

【0040】なお、変換面としては撮像する競技により曲面を用いることもできる。例えばトラックやスピードスケート競技のような場合には、地面に垂直な面を変換面とすると、変換面は曲面となる場合がある。しかしその曲面はあらかじめ決まっているため、このような曲面に投影して仮想カメラで撮像することができる。この場合、曲面を直線方向に引き伸ばした形の画像とすれば、曲面方向を伴う競技を1次元方向の競技の画像に変換することができる。

【0041】

【実施例】以下図面を参照して本発明の実施例を説明する。

【0042】〔第1実施例〕スキージャンプ競技を撮影し、その撮影した画像に基づいて仮想カメラで撮影した画像に変換する場合の例で説明する。

【0043】スキージャンプ競技を対象とした場合、例えば図1のように2台の位置計測編集カメラヘッドH1、H2を配置する。また2台のヘッドはあらかじめキャリブレーションなどを行ない空間的な位置などのパラメータをあらかじめ測定しておく。ジャンプ台などの固定部分もまたあらかじめ位置関係を測定する。またそれぞれのヘッドはたとえば選手のヘルメットを追尾するようにプログラムしておく。助走路のスタート位置近傍にサーチエリアを設定しておけば選手がそのエリアを通過するときからそれぞれのヘッドは自動追尾を始める。測定対象の選手が2台のヘッドの視野にある間はカメラのフィールド周期で3次元の位置が測定される。

【0044】位置の測定と同時にヘッドの台数だけの画像も得られる（ヘッドを2台使った場合は2つの画像が同時に得られる）。また、それぞれのヘッドの姿勢、画角などの情報も同時に得られる。これらは必要に応じて記録装置に記録を行なう。ヘルメットなど画像からの抜き出しを自動的に行なうことができるので、2台のヘッドでの対応も自動的に取れるものは測定中に自動的に3次元座標を計算することができるが、自動的に抜き出すことがむずかしい点でも、2台のヘッドから見えていて対応をつけることができれば3次元の座標を求めることができる。その場合、通常は対応付けは人間が指示する必要があるため一度記録し、あとでゆっくり再生しながら行う。画像とともにヘッドの姿勢などのパラメータが記録されているため、画像に写っていて2台の画像で対応をとることができればどのような点でも3次元の位置が計算できる。数値情報は3次元であるから、追尾ヘッ

ドの位置とは関係なく視点を選んで軌跡を表示したりできる。

【0045】それに対して画像は、カメラヘッドの視点からの画像しかないので任意の視点からの画像を得るために変換処理を行う。図2に画像変換のためのハードウェアのブロック図を示す。この図2の画像処理装置の基本的構成は拘束平面を用いて画像処理を行う特願平5-221363の動画像処理装置の構成と基本的には相違しないが、図2に示す構成は、3次元空間を移動する対象物体およびその背景画像の処理を行う構成となっている点で相違する。

【0046】この図2の画像処理装置は、対象物体である選手を撮影する二つのカメラヘッド11、12と、このカメラヘッド11、12から出力される画像およびヘッドパラメータを記録する記録ユニット13と、この記録ユニット13から出力される画像および3次元情報に基づいて仮想カメラで撮影した画像に編集して仮想カメラ画像18を出力する画像編集ユニット14と、カメラヘッド11、12から出力される画像およびヘッドパラメータに基づいて3次元位置を演算し記録ユニット13に与える3次元位置演算ユニット15と、カメラヘッド11、12、3次元位置演算ユニット15および記録ユニット13に基準となる時刻情報を与えるタイムベースユニット16と、画像編集ユニット14に仮想カメラのパラメータを与える仮想カメラコントローラ17とを備える。

【0047】この画像処理装置での処理動作を説明する。測定時に得られた画像はそれぞれのカメラヘッド11、12のパラメータや3次元情報とともに必要に応じて記録ユニット13で記録され、画像編集ユニット14に4 入力される。一方、出力に必要な視点や画角といった仮想カメラのパラメータは仮想カメラコントローラ17から入力される。画像編集ユニット14では、これらの情報をもとにカメラヘッドからの映像の変形などを行ない、実際の測定時には存在しなかった仮想カメラで撮影されたかのような映像である仮想カメラ画像18を出力する。

【0048】すなわち、本実施例では、1または複数の移動物体を撮像し当該移動物体の3次元空間情報とともに出力する撮像手段であるカメラヘッド11、12と、このカメラヘッド11、12の撮像手段の出力画像を前記3次元空間情報を用いて処理する画像編集手段である画像編集ユニット14とを備えた動画像処理装置において、本発明の第一の観点の特徴として画像編集ユニット14は、3次元空間情報に基づいて撮像された移動物体の画像を当該移動物体が移動する空間内の一つの変換面に投影し投影された画像をカメラヘッド11または12とは異なる空間位置または異なる時間軸に存在する仮想カメラで撮像されたと等価な画像に変換する画像変換手段を備えており、この画像変換手段は、1画像（1フ

ールド）単位で前記画像変換を行う演算手段を含み、前記変換面は前記移動物体の移動にしたがって異なる空間位置の変換面を用いている。

【0049】以下で本実施例による画像変換の原理について説明する。

【0050】画像の変換は図3のように空間内の変換面34を介して変換を行なう。この変換は実際は電氣的（コンピュータでの画像処理）に処理が行なわれるが、ちょうど空間内のスクリーンにスライド映写のように撮影された画像を投影し、それを別のカメラで撮影しなおすのと同様な処理となる。たとえばヘッド1（カメラヘッド31）で撮影された画像をもとに変換を行なう場合、空間内の変換面34に撮影された時と同じ位置から同じ画角で逆に投影する。それとは別に欲しい視点の欲しい画角の仮想カメラ33を考えてそれで投影された画像を撮影するのに対応する処理となる。空間内の変換面34は平面でも曲面でも同様な考え方で画像の変換に使うことができる。

【0051】変換面を曲面とした場合、計算に必要なパラメータが平面とした場合に比べてかなり増大する。しかしながら、変換によって得られた画像は、実際に仮想カメラ33の位置に本当のカメラをおいて撮影した画像ではなく、変形を複雑にしたところで本当に撮影した画像と同じ画像を得ることは基本的にできない。また計算が複雑になると誤差の影響が大きくなってしまいノイズに弱いシステムとなる。これらのことから通常は、変換面は平面とするのが良い。この平面の空間内の位置については後述する。

【0052】画像は、フィールド単位で得られるから変換もフィールド時間単位で行う。すなわち変換しようとするフィールドが決定すれば、画像は1枚の静止画と考えられ、カメラの位置関係、変換面の位置はそのフィールド固有の位置に固定となる。対象物体は動いているから追尾しているカメラヘッドもまた動いており、さらに仮想カメラも動いている可能性がある。カメラが画像を写すためには一定の時間が必要であるし、また仮想カメラの出力を表示装置に表示するためにも時間がかかるから厳密には、画像は一枚の面としては扱えない。しかし変換によって画像を得ることが厳密な処理ではないから、フィールド単位での処理でも問題は起こらない。ただし、カメラの位置関係、変換面の位置関係をフィールド時間内のどの時刻とするかは考慮しなければならない。通常のCCDカメラではシャッター動作の関係からフィールドの後半で光電荷の蓄積を行なうから通常はフィールドの後ろに合わせるのがよい。また同期の取れていない複数のカメラ画像を扱う場合はタイムベースユニット16からの時刻情報に基づく絶対的な時間管理が必要となる。

【0053】図4は変換面を介する画像変換の原理を説明するための図である。ここではヘッド1（カメラヘッ

ド31)からの画像から変換する場合の例で説明する。画像変換のための計算を簡略化するため、変換面を平面、カメラをピンホールカメラモデルとする。必要なのは仮想カメラ画像である。つまり仮想カメラ画像上のある点をその画像上のローカル座標で指定したときにそれがヘッド1(カメラヘッド31)画像のカメラヘッド画像でのローカル座標でどここの点に対応するかを求めることになる。一方でカメラヘッド、画像変換面、仮想カメラは3次元空間にありそれぞれの位置関係はグローバルな座標系で求められる。

【0054】まず画像の変換に注目すると、これは平面から平面への投影となる。変換を線形にするため媒介変

数Hを追加して次元を1次元高める。ヘッド1の画像の座標軸を u_m, v_m 、仮想カメラの画像の座標軸を u_v, v_v とする。変換面上に座標軸 u_{cp}, v_{cp} をとる。ヘッド1の画像を変換面に投影する変換は媒介変数を使った表現で次の(1)式で表される。

【0055】ここから u_{cp}, v_{cp} を求めるには(2)式のように媒介変数を計算して求めることになる。同様に仮想カメラ画像を変換面に投影する変換は(3)式となる。これらの式から仮想カメラ画像とヘッド画像の間は(4)式、(5)式の関係となる。

【0056】

【数1】

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} h_{H1} \cdot u_{CP} \\ h_{H1} \cdot v_{CP} \\ h_{H1} \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} A_{H11} & A_{H12} & A_{H13} \\ A_{H14} & A_{H15} & A_{H16} \\ A_{H17} & A_{H18} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{H1} \\ v_{H1} \\ 1 \end{pmatrix} \\ &= \mathbf{A}_{H1} \begin{pmatrix} u_{H1} \\ v_{H1} \\ 1 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad \text{--- (1)}$$

$$\left. \begin{aligned} u_{CP} &= \frac{A_{H11} \cdot u_{H1} + A_{H12} \cdot v_{H1} + A_{H13}}{h_{H1}} \\ &= \frac{A_{H11} \cdot u_{H1} + A_{H12} \cdot v_{H1} + A_{H13}}{A_{H17} \cdot u_{H1} + A_{H18} \cdot v_{H1} + 1} \\ v_{CP} &= \frac{A_{H14} \cdot u_{H1} + A_{H15} \cdot v_{H1} + A_{H16}}{h_{H1}} \\ &= \frac{A_{H14} \cdot u_{H1} + A_{H15} \cdot v_{H1} + A_{H16}}{A_{H17} \cdot u_{H1} + A_{H18} \cdot v_{H1} + 1} \end{aligned} \right\} \text{--- (2)}$$

$$\begin{pmatrix} h_{VC} \cdot u_{CP} \\ h_{VC} \cdot v_{CP} \\ h_{VC} \end{pmatrix} = \mathbf{B}_{VC} \begin{pmatrix} u_{VC} \\ v_{VC} \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{--- (3)}$$

$$\left. \begin{aligned} \begin{pmatrix} h_{C1} \cdot u_{H1} \\ h_{C1} \cdot v_{H1} \\ h_{C1} \end{pmatrix} &= \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{B} \begin{pmatrix} u_{VC} \\ v_{VC} \\ 1 \end{pmatrix} \\ &= \mathbf{C}_{C1} \begin{pmatrix} u_{VC} \\ v_{VC} \\ 1 \end{pmatrix} \end{aligned} \right\} \text{--- (4)}$$

$$h_{C1} = \frac{h_{VC}}{h_{H1}} \quad \text{--- (5)}$$

$$\begin{aligned} u_{H1} &= \frac{u_{VC} \cdot C_{C17} + v_{VC} \cdot C_{C12} + C_{C13}}{u_{VC} \cdot C_{C17} + v_{VC} \cdot C_{C18} + 1} \\ v_{H1} &= \frac{u_{VC} \cdot C_{C14} + v_{VC} \cdot C_{C15} + C_{C16}}{u_{VC} \cdot C_{C17} + v_{VC} \cdot C_{C18} + 1} \end{aligned} \quad \text{--- (4')}$$

ヘッドおよび仮想カメラのそれぞれの変換マトリクスは、それぞれのカメラと変換面の関係が決まれば求まる。たとえばカメラヘッドの変換マトリクスは、カメラヘッド画像の4点たとえば4隅の**b**1, **b**2, **b**3, **b**4と、それらに対応する変換面上の4点**b**1', **b**2', **b**3', **b**4'から求めることができる。同様にして仮想カメラマトリクスも対応する点が4点以上求まれば計算できる。ここで問題となるのが画像と変換面の対応する点の位置の計算である。この計算は、さきに述

べたようにフィールド単位では位置関係は固定とするから1フィールドに対して1度行なえば良い。また3次元のグローバル座標系で行ない、それぞれのローカル座標系に変換する。PP_{mh}はヘッド1のカメラの投影中心、PP_{vc}は仮想カメラの投影中心、変換面はCPである。それぞれの平面はグローバル座標系において、平面上の1点(その平面上でのローカル座標の原点とするのがよい)と、法線ベクトルで決定される。これはカメラのボジでの結像面(撮像素子の投影中心に対して対象の

位置)の主点の位置とレンズの主軸方向に対応する。

【0057】座標変換は次のように行なう。図5のようにグローバル座標系XYZと平面CP上でのローカル座標系uvを考える。平面上の任意の点Pはグローバル座標系では(xP, yP, zP)となる。ローカル座標系の原点のグローバル座標での位置は(x0, y0, z0)である。またローカル座標系のu軸v軸のグローバル*

$$\begin{aligned} \mathbf{P} = \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \\ z_P \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_u \\ y_u \\ z_u \end{pmatrix} \cdot u_P + \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \\ z_v \end{pmatrix} \cdot v_P \\ &= \begin{pmatrix} x_u & x_v & x_0 \\ y_u & y_v & y_0 \\ z_u & z_v & z_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_P \\ v_P \\ 1 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad \text{--- (6)}$$

$$\mathbf{P} = \mathbf{D} \begin{pmatrix} u_P \\ v_P \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{--- (7)}$$

$$\begin{pmatrix} u_P \\ v_P \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{D}^{-1} \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \\ z_P \end{pmatrix} \quad \text{--- (8)}$$

$$\left. \begin{aligned} 0 &= \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} = \begin{pmatrix} x_u \\ y_u \\ z_u \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix} \\ \mathbf{u} &\text{は} \mathbf{u} \text{軸方向単位ベクトル} \\ 0 &= \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} = \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \\ z_v \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix} \\ \mathbf{v} &\text{は} \mathbf{v} \text{軸方向単位ベクトル} \end{aligned} \right\} \quad \text{--- (9)}$$

【0059】このマトリクスDが座標変換マトリクスである。このマトリクスの値を求めるためには、ローカル座標の原点とローカル座標のuv軸上の点のグローバル座標での位置から求めるのがよい。カメラ画像ではuv軸は平面上で直交しているが、変換面ではその角度は任意に採ることができる。この座標変換マトリクスをそれぞれの平面について求めれば座標の変換ができるようになる。カメラ画像と変換面の対応点を求めるには、グローバル座標系において、投影中心と、ポジ結像面のある点を通る直線が変換面と交差する点を求めればよい。以上の計算を行なうことで(4)式の画像変換マトリクス

*ル座標系での方向ベクトルをそれぞれ(xu, yu, zu), (xv, yv, zv)とするとこれらは法線ベクトルnと直交する(9)式。平面上の任意点Pはこれらを使って(6)式のように表わされ、これをまとめて(7)式とする。また逆は(8)式のようになる。

【0058】

【数2】

Cnを求めることができる。これらの計算は1フィールドに1度でよく、また計算は十分な精度で行なう必要があるためソフトウェアで行なうのが良い。画像の変換は仮想カメラ画像の各画素について行なわなければならないが、一度画像変換マトリクスが決定すればあとはマトリクスとベクトルの掛け算、割り算であるからハードウェアでも容易に行なえる。(4)式を使うと仮想カメラ画像の任意の画素に対するカメラヘッド画像の画素の位置がわかる。もしその位置が実際の画像で存在しない位置であれば、仮想カメラのその画素に対する画像はないつまり背景部分であることになる。

【0060】実際の画像変換の回路ブロックは図6のようになる。これはアドレス計算ユニット41と、画像データテーブル42の2つに大きくわかれる。上述のマトリクス計算は、画像の位置つまりアドレスに対応する。この計算を行なうのがアドレス計算ユニット41であり、出力画像の画素位置を使ってそれが入力画像のどこに対応するかを計算する。計算された位置の画像データは画像データテーブル42をつかって取り出す。アドレス計算ユニット41は、座標変換用係数を格納する係数レジスタ43~51とこれらの係数を出力画像アドレスに乗算する乗算器、乗算結果を加算する加算器および割算器を備えている。また、画像データテーブル42は、アドレス出力を比較するコンパレータ55、56と、フィールド単位で画像が入力されるイメージメモリIFMおよび画像コントロール用の情報が格納される画像コントロールメモリCDMとを備えている。

【0061】それぞれの動作を簡単に説明する。入力画像はカメラヘッドによって撮影された画像である。この画像はそのまま順番に1フィールド分のイメージメモリIFMに書き込まれる。この時の書き込みアドレスは撮像素子の位置に対応しているから書き込みアドレスは図示されていないが、撮像素子と同期したカウンタを使えば作り出せる。また、画像のなかで対象物体を抜き出すことができればその情報をコントロールデータとして画像コントロールメモリCDMに書き込む。画像コントロールメモリCDMはイメージデータと画素毎に対応している2次元のメモリである。たとえばその画素が対象物体であれば1、背景であれば0を書き込むことで1ビットで対象物体の形を抜き出せる。対象物体の形を正確に抜き出せない場合などは、ぼかしたりできるように必要に応じて画像コントロールメモリCDMも複数のビットを持っている。すなわち、この画像コントロールメモリCDMの出力は複数の画像を重ねたり背景画像を重ねたりする場合に対象物体を抜き出すために使用する。

【0062】一方アドレス計算は次のように行なう。カメラヘッド、変換面、仮想カメラの3次元空間の位置がきまれば(4)'式が決定する。この計算はソフトウェアで行ない、変換マトリクス C_n の各係数をフィールド毎に計算する。計算された係数 $C_1 \sim C_8$ はCPUバスを介して係数レジスタ43~51に書き込まれる。

(4)'式では1の部分もハードウェアでは係数レジスタ51として必要があれば変更できるようになっている。出力アドレスつまり仮想カメラの画素位置は、出力に同期したアドレスカウンタ(図示されていない)で作ることができる。この出力アドレスに対して乗算器、加算器で係数レジスタの値で演算を行なう。さらに媒介変数も同様に計算し割り算器53、54を使ってアドレスの変換を行う。割り算が入っているため、係数に間違いがあったりすると計算できなくなるが、そのようになる係数はあらかじめソフトウェアで取り除く。計算され

たアドレスの範囲が入力画像の視野の範囲内かどうかをそれぞれの軸でコンパレータ55、56を使って調べる。範囲内であれば視野内信号IVFが1となる。この信号はそのまま出力もされるが、画像データ、画像コントロールデータに対してもマスキングが行われ、あり得ないデータが出力されないようになっている。

【0063】以上のようにすれば、仮想カメラの画像を得ることができ、以上の仮想カメラの画像への変換は1フィールド単位だけで考えると、その変換面を拘束平面とした特願平5-221363と実質的に同じである。また、背景から対象物体を抜き出す構成についても先願に開示されている。

【0064】さらに、拘束平面を使用した場合にも、その時に使用する変換面を拘束平面とは別に選ぶことができるため、拘束平面があるような用途にも同様に応用できる。

【0065】ここで本発明の場合問題となるのが変換面の空間的位置である。すなわち、本発明では対象物体は3次元空間内を移動しており、その変換面は拘束平面を用いるのと違って、変換面の位置そのものも移動する。そこでその変換面をどのように設定するかを述べる。

【0066】変換面は実際に存在する面ではなく仮想的な面であるから、カメラヘッドまたは仮想カメラ(カメラの撮像面)に対して垂直でなければどこにあっても式の上では問題ない。しかし得られる映像はこの変換面をどうするかで大きく変わるためその位置は重要である。必要とする映像は対象物体のものであるから変換面は対象物体に関連した位置に置くのが良い。

【0067】例えば、図7のように二つのヘッド1、ヘッド2で対象物体を追尾する場合を考えた場合、それぞれのヘッドのカメラの視野は、図8のように二つのカメラの視野が交叉する共通の視野領域が存在する。変換面は、このような図8のように測定用の複数のヘッドの視野が交わる領域が構成する立体の面を含む平面とすることができる。3次元座標を求められるのは2台以上のヘッドの視野を共有する領域である。たとえば2台のヘッドの画角が同じ場合には、共有視野領域は図8(a)のように4枚の平面で囲まれるこの平面のなかでヘッド1の画像の変換につかえるのは21、22の2枚のどちらかである。2台のカメラヘッドの画角が異なる場合は、視野の共有領域は図8(b)のような形となるが、変換面の範囲をこの立体を構成する面に限る必要はなく、この範囲を含む平面とすれば良い。また2つの面はどちらを使っても良い。このように、変換面として二つのカメラヘッドの共通視野領域が構成する立方の表面を変換面として使用するの、対象物体が複数あるような競技の場合に便利である。このような面を使う場合、視野が対象物体に比べて大きい場合変換面と対象物体の位置が離れてしまうため変換される画像としてあまり良くない。

【0068】その場合は図9のような面を使う。図9で

は、対象物体のどこか1点たとえば測定カメラヘッドの自動追尾の目標点などを通してカメラの光軸に垂直な面とする。図9(a)では撮影するカメラヘッドの光軸に垂直な面としている。また図9(b)では仮想カメラの光軸に垂直な面としている。このようにどちらかの光軸に垂直とすることで変換の計算は楽になる。とくに撮影カメラの位置と仮想カメラの位置が近い場合は計算が楽であるだけでなく画像としても自然な画像が得られる。

【0069】撮影カメラと仮想カメラの位置が離れている場合、基本的に画像は歪んだものになってしまう。その歪みを少しでも減らすように変換面を選ぶことができる。図10にその例を示す。対象物体の代表点とそれぞれのカメラの投影中心を結ぶ直線は対象物体とそれぞれのカメラの位置関係で決まる角度をなす。投影面をこの代表点を通る平面とし、それぞれのカメラとの直線と一定の角度を持つようにとる。たとえば図10(a)は撮影カメラと仮想カメラのなす角度の2等分線を含み代表点、それぞれのカメラの投影中心の3点で決まる平面と垂直な面を変換面としている。この場合画像の変換はちょうどスクリーンを裏から撮影されることになるため画像が裏返しに変換される。また図10(b)のように図10(a)の面と垂直な面とすることもできる。この場合画像が裏返しとなることはない。図8の場合変換面は撮影カメラである2台の計測カメラヘッドの位置関係だけで決まってしまうため仮想カメラの位置によって、変換される画像が不自然に歪むだけでなく、変換自体ができなくなることもある。同様に図9の場合も変換の片側のカメラだけで位置が決まるため同様なことがありえる。図10では変換の入力と出力の両方の位置関係をつかうから変換ができないことを避けることができ比較的歪みの少ない画像となる。

【0070】この変換面の角度は、図10に示しただけでなく状況に応じていろいろな角度が選べる。対象物体上の計測点を複数にすると対象物体の姿勢の情報を得ることができる。この対象物体の姿勢の情報をつかって変換面の角度を変えることもできる。また対象物体の形がある程度わかっている場合その形が自然に見えるような角度を選ぶことができる。たとえばスキージャンプ競技の場合、図11のように選手を縦に貫く面を変換面とすると、仮想カメラが選手の正面に近くなってくると横方向が縮まったような画像となり自然な感じに近くできる。

【0071】また、対象物体の形が決まっている場合は、変換面を空間内の立体表面とすることもできる。この変換は、変換面への投影ではなく、コンピュータグラフィックで行なわれているレンダリングの技術をつかって、映像を空間の立体表面に貼り付け、それを仮想カメラで撮影することになる。得られた画像は非常に多量の計算処理が必要となるが比較的的自然になる場合がある。

【0072】以上のような変換面の選び方は固定である

必要はなく、対象物体に応じて切り替えたり、あるいは、対象物体、カメラの位置関係で自動的に切り替えたりすることができる。また同時に複数の変換によって複数の画像を得、それらを合成して1つの画像とすることもできる。その場合単純に複数の画像を重ねる方法もあるが、対象物体が大きい場合や、対象物体を分割できるあるいは画像が分割できる場合は、対象物体の部分毎に、あるいは画面の範囲毎に、あるいは対象物体と背景で変換方式をかえて合成することもできる。

【0073】以上の述べてきた画像の変換方式をとれば、対象物体の画像を必要としたとき、撮影位置によらず映像を得ることができる。したがって、たとえば別の日に計測したスキージャンプのデータを使って、同一画面に重ねて表示することができる。これはちょうどそれぞれの選手が同時にジャンプを行なった時に得られるような映像を作り出せる。そのときにそれぞれの測定で測定カメラヘッドの位置が違っていてもよく、別の場所にある別のジャンプ台でのデータを重ねて表示することもできる。さらに観察位置は自由に選べ、選手と同時に動くこともできる。図12はその画像の例で、二人の選手を重ねて表示しその軌跡を残し、それらを観客席の上空から見たような画像を得たものである。

【0074】二人の選手を並べて表示する場合、仮想カメラは1台であるが映像は二人分となる。撮影に使ったカメラヘッドの位置がそれぞれ異なる場合はそれぞれに変換面をつかうのがよい。複数の変換面を同時に使う場合については詳細を第3実施例に述べる。

【0075】なお、上記実施例では画像変換処理は1フィールド単位としたが、画像処理上1画像単位で行うものであればよく、フレーム単位やインタレース走査方式以外の画像の1画像単位であってもよい。

【0076】〔第2実施例〕ジャンプと異なりスキージャンプ競技、大回転競技などでは、選手は3次元的な動きをするとともにポールとの位置関係が重要である。したがってたとえば選手だけを抜き出して表示しても画像としてはあまり意味がなく、背景も重要になる。拘束平面をつかった位置計測では対象物体は2次元平面だけを移動するため、背景は2次元でちょうど拘束平面の模様のようなものとして扱うことができたが、対象物体が3次元空間を移動する場合は、その方法では不自然であるため次のような方法を用いる。

【0077】背景は基本的に動かない場合、あらかじめ3次元計測しておくことができる。したがって原理的に計測は背景すべてについて行なうこともできるがスキージャンプの場合のポールの位置など必要な部分を正確にそれ以外は粗く計測すると効率的でデータ量も小さくなる。このデータをつかって図13のような立体モデルをつくる。このモデルは実際の形に表わすのではなく、コンピュータ内で持っていれば良い。正確でなくても良い部分は幾何学的な形の立体で近似しても良い。仮想カメラのパラ

メータがわかるとこの立体モデルをつかってコンピュータグラフィックスの手法を使って背景を合成することができる。前述した画像の変換面はこのモデルのなかを対象物体の位置と共に動き回ることになるが、あるフィールドを指定するとその変換面の位置は決定する。この立体モデルとその中の変換面をまとめて、ある時刻での時空間マップと考えられる。この時空間マップには背景の3次元情報と、対象物体の3次元情報と変換面の3次元情報を含んでいて、同時に扱うことができる。この背景の立体モデルとして、スキーのコースの場合地形をすべて正確に再現しても、画像の上では雪の白で凸凹がわかりにくいので、たとえばボールの位置だけを正確に求め、地面はとくにマッピングせず、対象物体とボール以外の部分を単に白くするだけでも良い。もし凸凹が重要である場合には、撮影された画像にそれが良くわかるようにたとえば等高線をいれるとか、印影を強調するとかの手法が必要となる。また選手の軌跡をこのマップ内にマッピングできるから、選手のスキーの軌跡で地面の凸凹が表現できる場合もある。

【0078】対象物体の代表点の位置がわかれば仮想カメラの画像に変換する変換面の位置を決めることができる。また撮影された画像で対象物体と背景を分離することができる場合、選手は写真を切り抜いて模型の中に置いたかのような形となる。変換面の位置は3次的にわかっているから仮想カメラから見たときに、隠れるボールと隠れないボールは計算できる。

【0079】この場合、対象物体である選手のみを画像から切り出す情報は、図6の画像コントロール出力でわかる。

【0080】仮想カメラの画像を合成する場合、画像コントロール出力で対象物体がない部分は時空間マップから背景のデータを取りだしてきて表示する。対象物体の部分は撮影された画像に前述したような変換をした映像となる。

【0081】動画を扱う場合、仮想カメラのパラメータが静止している場合をのぞきフィールド周期で背景を合成しなければならない。したがって計算機の処理能力に応じて時空間マップへの背景情報の投影は必要最小限のデータに限ったほうがよい。またスキーのコースのように選手の移動範囲がある程度限定でき、それに伴う仮想カメラのパラメータの動きもわかっている場合などは前もって背景の画像の計算を済ましておくことができる。背景となる画像は、図14のようにコース、ボール143などのような実際の背景には限定されない。選手の軌跡142を背景としてもよい。すなわち、先の選手の軌跡やある特定の選手の軌跡を記憶しておくことができるので、この軌跡を背景としてボール143と同じく背景として選手の画像と合成する。この軌跡のデータは、当然3次元の情報を含んでいるから、仮想カメラの視点に応じて違う形で見える。また仮想的なグリッドを

空間に配置すると3次元の目盛りのようになり位置がわかりやすくなる。

【0082】また符号141のように移動する選手のある瞬間の画像を背景として残すこともできる。この画像は静止画となる。ちょうど等身大の切り抜き写真がコース内に立っているような感じとなる。位置は正確に再現されるから、別の選手がこの静止画のところを通過する場合、それよりも前を通過するか後ろを通過するかで、どちらが隠れるかは再現できる。これには必要に応じて影を合成してつけることもできる。背景となる地面の形状がわかっているとき、照明(太陽)の位置を仮定すれば地面におちる影が計算できる。影によって背景としても立体的な印象を受けるようになる。影の演算は効果のわりには大変ではあるが、背景用に残した選手の静止画につけるだけでなく、動画として動いている対象物体である選手に対してもつけることができる。どちらの場合でも選手の形は、変換面を選手の形に切り抜いた感じの平面的なものであるから、不自然な影にならないように太陽の位置をうまく選ぶ必要がある。

【0083】選手の像を残す場合に、撮影されたそのものとして残す以外に、例えば選手のアウトラインだけを残す、透明な像として残す、など、画像処理を加えてから背景とすることもできる。連続していくつかの像を残すとこまどり写真のような背景が得られる。当然これらの画像は変換面をつかって変換されるものであるから仮想カメラの位置を変化させるとそれに応じた形に変化する。

【0084】あらかじめ計測する背景としてボールだけとしても、すべての選手のスキーの軌跡を重ねて残せばコースの形が浮かび上がってくる。仮想カメラの位置は自由に選べるから正面や真上から撮影し競技会のコースの記録として残すこともできる。

【0085】〔第3実施例〕いままでは撮影画像1つに対して仮想カメラ1つであった場合で説明したが、サッカーのように多くの選手が行なう競技の場合、選手毎に計測ヘッドが追従し計測する場合がある。その場合、撮影される画像は基本的にそれぞれ一人の選手の画像である。しかし仮想カメラの画像としては、画角に応じて複数の選手の画像を同時に写せなければならない。そのため図15のように計測ヘッド毎に変換面を考える。たとえば変換面の位置は選手の中心位置とし、変換面として地面に垂直な面を変換面とする。ちょうど選手の位置についたてが立っていてそれをスクリーンとしてそれぞれの映像を投影し、それを仮想カメラで撮影しなおすような感じとなる。この場合当然仮想カメラと選手の位置関係で前後関係が生じて後ろの映像は隠れる。また背景としてグラウンド上のラインなどが合成される。

【0086】また、スキーのジャンプの場合のように対象物体が1つであっても、編集操作で複数の選手を同時に撮影することがある。この時、撮影したヘッドの位置

が同じであれば変換面を共通につかうことができる場合もあるが、通常はヘッド毎にそれぞれ別の面が必要で複数となる。

【0087】カメラヘッド同士、あるいはカメラヘッドと記録装置の組み合わせなど、複数の画像を使う場合、画像同士で時間的に同期させなければならない。特願平5-221363で説明したように、時間の管理は対象物体の位置を調整して合わせる。つまり同期させられる方のカメラヘッドの方向を画像を撮影した時とはずらし、合わせた時刻に対象物体があると考えられる方向を向いた状態とする。当然対象物体の動きは3次元であるからその計算は3次元座標で行なう。このとき画像を前の画像をそのまま使っても良いし、前後のフィールドの画像から作り出しても良い。使う画像をすべて同期させ、1対1の変換同様に、フィールド単位で静止画として扱う。図16にこの複数の対象物体をそれぞれのカメラヘッドで追尾して撮影した画像を一つの仮想カメラの画像として出力するためのハードウェアのブロック図を示す。この図ではもともになる画像は3つであり、3つの画像変換ユニット160を備え、その画像変換ユニット160で変換された仮想カメラの画像をプライオリティテーブル166の情報を参照してイメージセクタ167で選択して一つの仮想カメラの画像として出力する構成を示している。

【0088】複数のカメラヘッド（あるいは記録ユニット）151～153は、同期コントローラ154で同期されている。これはまた、仮想カメラの出力のタイミングを決めるタイミングジェネレータ155にも同期している。仮想カメラの出力を別のユニットと同期させなければならないときはこのタイミングジェネレータ155に対して外部同期をかける。

【0089】それぞれのカメラヘッドの3次元データはCPUバス156を介してフィールド単位でメインコントローラ157に読み込まれる。また仮想カメラのパラメータは仮想カメラ操作器158を操作することで仮想カメラコントローラ159が作り出す。仮想カメラが動く場合はこの仮想カメラコントローラ159が現在のフィールドに対応したカメラパラメータを作り出す。このパラメータはカメラヘッドと同様にCPUバス156を介してメインコントローラ157に読み込まれる。メインコントローラ157では、3次元データをもとにそれぞれのヘッドに応じて変換面を計算し、変換パラメータを求める。この変換パラメータはCPUバス156を介して画像変換ユニット160へ書き込まれる。この画像変換ユニット160は図6で示した画像変換用回路であり、変換に必要な画像の数だけ並んでいる。同期コントローラ154とタイミングジェネレータ155では、それぞれ書き込みアドレスと読み出しアドレスのカウンタをもっている。複数のカメラヘッドを同時に使って撮影した場合などではこれらのカウンタを共通にできる場合

もある。画像変換ユニット160ではこれら同期コントローラ154からの書き込みアドレスとタイミングジェネレータ155からの読み出しアドレスとカメラヘッドからの画像とでそれぞれのヘッドに応じた画像を作り出す。またカメラヘッドで対象物体を背景と分離するコントロールデータ信号を作り出す。はっきりと背景から対象物体を抜き出せる場合は1ビットでもよいが、複数ビットとすれば境目をぼかすこともできる。画像データと同様にこのコントロールデータ信号もまた変換される。

【0090】一方仮想カメラデータをもとに、背景を背景用計算機161が計算し背景画像メモリ162に書き込む。この計算は大抵の場合かなりの計算量となるため、この例では専用の計算機としている。背景画像メモリ162からはタイミングジェネレータ155に同期して背景の画像165が得られる。

【0091】以上のようにしてそれぞれのヘッドに応じて変換された画像163と対象物体と背景の関係を表わすコントロールデータ164および、背景画像165が得られる。

【0092】メインコントローラ157では、それぞれのヘッドからの3次元データをつかって、それぞれの変換面を計算するが、その時点で、それらの変換面の前後関係がわかる。

【0093】たとえばサッカーの場合は、3人の選手をそれぞれ別のカメラヘッドが追尾している場合、仮想カメラからの画像に変換すると図17のような画像が得られる。この図17のA、B、Cが仮想カメラの画像で、A'、B'、C'は画像の対象物体である選手を背景から切りだした1ビットの画像コントロール信号を示す。

画像コントロール信号は背景と対象物体の区別につかう。それぞれの選手の3次元位置から、仮想カメラの位置から見たときに図18のような前後関係であったとする。選手Aがもっとも手前で次に選手B、一番奥が選手Cである。それぞれの距離は変換の時に変換マトリクスとして画像の変換に含まれている。今問題としているのは前後関係である。前後関係が求まると、メインコントローラ157はプライオリティテーブル166にこの関係を書き込む。このプライオリティテーブル166の値に応じてイメージセクタ167が変換された画像を切り替えて仮想カメラ画像出力とする。画像コントロールデータが1ビットで、対象物体があるないだけの情報であればイメージセクタ167は単なるセクタでよいが、画像コントロールデータが複数のビットを持っていた対象物体の周辺をぼかす場合は単なるセクタだけではなく、それぞれの画像データに係数を乗して加え合わせる演算装置が必要である。

【0094】ここでは簡単にするため画像コントロールデータは1ビットとした場合を説明する。図19のような位置関係の時、プライオリティテーブル166は図20のようになる。これは選手の位置関係が決まればその

フィールドでは固定となる。(フィールド単位で更新される) テーブルの入力は、それぞれの画像コントロール信号である。この例では1ビットであるから1か0である。1の場合対象物体で、0の場合は背景とする。プライオリティテーブル166の出力はイメージセクタ167を制御し、対応する画像を出力する。この例では0の時背景画像が選択され、1の時選手Aの画像が選択され、同様に2の時選手B、3の時選手Cが選択されるようになっている。これによって出力画像のそれぞれの画素で、テーブルを参照することでどの画像を出力するか決定する。

【0095】たとえば画素181では、図17でわかるように、画像コントロール信号はすべて0であるから背*

$$\text{出力} = (\text{ヘッド1}) \times k_1 + (\text{ヘッド2}) \times k_2 + (\text{ヘッド3}) \times k + \dots$$

のような計算で求めることができる。1ビットのときはこれらの係数が1と0だけと考えることもできる。

【0097】上述のように画像の前後関係についてプライオリティテーブル166を用いたのは、それぞれの画素ごとにその前後関係を判断するとすると、高速な比較演算が必要であるのに対して、プライオリティテーブルは、画像コントロール信号によりどの画像が出力されるかを1フィールドごとに簡単に構成でき、その容量も小さくてすみかつその書き替えも簡単であるため、実用的な速度で仮想カメラの画像を出力することができるためである。

【0098】以上は1台の仮想カメラについて考慮したが、複数の仮想カメラの画像が必要な場合は上記を必要数行なえば良い。その場合共有にできるのはカメラヘッドからの映像、3次元データと背景のデータくらいで変換パラメータや、背景画像は、仮想カメラパラメータによって異なるため共有化はむずかしい。結局仮想カメラを複数使う場合はそれぞれにほとんど同じ規模のハードウェア、ソフトウェアが必要になり、それらが平行して動作するようなシステムとなる。

【0099】〔第4実施例〕上記の変換では変換面は、仮想カメラと撮影するカメラヘッド、対象物体の位置から決まっていたが、この変換面をそれらとは別の3次元情報を使って決め、さらに変換面に投影された画像をふくめ変換面自体に変形を加えることができる。

【0100】たとえば陸上競技のトラック競技のように選手の移動する範囲が決まっている場合など、図21のように変換面をトラックの中心を通りトラックに垂直な曲面とすることができる。図21のように画像を撮影する計測カメラヘッドをトラックの内側から撮影するようにすると、ヘッドは常に選手のほぼ真横から撮影することになる。同様に図22では直線のトラックを走る選手を撮影した場合で、このときも変換面をトラックの中央をとる平面とすることができる。

【0101】次に、図21のようなカーブを走る選手

* 景の画像が選択される。画素182では選手Aを撮影しているヘッド1の画像コントロール信号だけが1であるからイメージセクタ167へは1となってヘッド1の画像つまり選手Aの画像が選択される。また画素183ではヘッド2とヘッド1ともに画像コントロールデータは1であるが、テーブルからヘッド1が選択される。このようにして画像の前後関係をつけると図19のようになりあたかも実際に撮影したように手前の選手に後ろの選手が隠れた映像が得られる。

【0096】画像コントロールデータが複数のビットを持っているときはテーブルの出力はセレクトするヘッドの番号ではなく、それぞれのヘッドの画像の重み係数 k_1, k_2, k_3, \dots とし次の(10)式

$$(10)$$

と、図22のような直線走る選手を比較したい場合、変換面を変形することで比較のための映像を得ることができる。例えば図23のように曲面であった変換面に画像を投影し、投影された画像を含めたその面を直線に引き延ばす変形を行なう。これによって図22のような直線コースを走ったときと同様な変換面となり、たとえば図22の選手の隣のトラックに引き伸ばした変換面をもっていき仮想カメラで撮影することで、曲線コースと直線コースの選手を比較できる。仮想カメラは任意の位置で観察できるから、選手と同時に真横から見るように仮想カメラを動かすとペースの違いや、姿勢の違いなどが良くわかる画像となる。

【0102】この第4実施例をスピードスケートの撮影に用いる場合を考えると、その効果が理解できる。スピードスケートは、インコース、アウトコースで曲線コースの取り方が変わってくる。そのため、例えば500m競技の場合、インコーススタート選手とアウトコーススタート選手との前後関係は最後のホームストレートコースに入らないと見た目でも分からない。これを上述のように曲線コースも直線コースを走ったように引き伸ばして仮想カメラの画像とすれば、コースが異なる選手でも同じに比較することができる。また、スピードスケートは異なる時刻に選手ごとに滑走するものであるため、選手を比較する場合、異なる時刻に滑走する選手を同時に写して表示したい場合が多い。このため、本実施例では異なる時刻に滑走した選手の画像を同時にしかも比較し易い直線コースを滑走するものとして写すこともでき、従来はできなかった画像で競技を見ることができる。

【0103】曲線コースを走る選手の変換面を上記では曲面としたがこれを、図24のようにカーブがそれほどきつくなければその曲面と選手の位置で接する平面としても良い。この変換平面は選手と同時にトラックの中心を移動する。このように平面とすることで前述した変換の式、ハードウェアがそのままつかえるようになる。

【0104】また背景として、変換曲面上に距離目盛り

や、記録を持っている選手の位置をコンピュータグラフィックスで書き込むこともできる。変換面の変形するときにはこれらも同時に変形することで位置関係を保ったまま、ほかのトラックの選手と比較できる。

【0105】〔第5実施例〕通常、3次元座標を得るため同一点を複数の計測ヘッドが撮影する。そのため1つの対象物体の画像は複数のカメラヘッドから得られる場合が多い。仮想カメラの画像を作り出す場合にどのヘッドからの画像をもとにするかは、あらかじめ設定しておいてもよいが、もっとも自然な画像が得られるようにするために複数のヘッドの画像を利用するのが良い。

【0106】画像の変換による画像の歪みは、変換面と撮影カメラ、変換面と仮想カメラそれぞれのなす角度に大きく依存する。つまりそれぞれのカメラの主軸と変換面が垂直に近いほうが歪みが小さい。対象物体が移動したり、仮想カメラが移動したりするとそれぞれの角度は変化する。したがって少しでも自然な画像とするためには、複数のカメラヘッドがある場合、画像を切り替えるのが有効である。例えば図25(a)は、100m走を計測した場合である。対象物体である選手を、2台のカメラヘッドH1、H2で追尾している。仮想カメラVCをこの図ではヘッドと同じ側から選手と一定距離を保つように選手と平行に動かす。スタートライン付近では、仮想カメラとヘッドH1のなす角度の方が、ヘッドH2よりも小さい。したがって仮想カメラの画像はヘッドH1の画像をもとに変換したほうがよい。それに対して、ゴール付近になると今度はヘッドH2のほうが仮想カメラとなす角度が小さくなる。そのためヘッドH2の画像を使ったほうがよい。また図25(b)では仮想カメラとヘッドは対象物体の反対側に位置する。したがって、変換された画像は裏返しとなる。しかし、同様にそれぞれのヘッドと仮想カメラのなす角度でスタート近くではヘッドH1、ゴール近くではヘッドH2の画像をもとに変換するのが良い。

【0107】どのヘッドの映像を使うかの選択にはどのような仮想カメラとのなす角度が一番小さいものとする以外に、対象物体の位置に応じて切り替える方法がある。図25(a)のような100m走の場合でも対象物体の移動する範囲はあらかじめわかっているからたとえば0から60mまでH1、そこからH2といったように切り替えることができる。この対象物体の位置による切り替えは、テレビ中継でのカメラの切り替えと似ているため画像の切り替えによる不連続さは見慣れたものとなる。

【0108】また、仮想カメラが動き回る場合もその位置に応じて切り替えることができる。また、対象物体が*

$$\text{出力画} = (\text{変換後のヘッド1画像}) \cdot k + (\text{変換後のヘッド2画像}) \cdot (1 - k) \quad (11)$$

ところで、切り替え条件とかさなる条件のところを短時間で通過してしまえば問題はないが、ちょうど中間的な

*あまり動き回らないときでも姿勢が変化するものでは、その姿勢に応じて見たい角度になるようにヘッドを切り替えることができる。また、対象物体が時間に応じて変化するような場合は時間に応じて切り替えることができる。

【0109】あるいは上記の切り替え条件の複数を総合的に判断し切り替えることもできるたとえば対象物体の位置と仮想カメラの位置を両方つかって一定の関係式あるいはテーブルでどのヘッドの画像を使うかを決めたりできる。

【0110】次に画像の切り替え方式について述べる。もっとも単純なのは切り替え条件が成立した時点でフィールド単位で切り替えてしまう方法である。この場合ハードウェア、ソフトウェアは非常に簡単で良いが、対象物体の移動速度が小さい場合や、3次元計測のノイズが多い場合などは複数の画像切り替えを繰り返し、見た目に良くない場合がある。そのときは、切り替え条件にヒステリシスを持たせると良い。例えば計測ヘッドH1の画像からヘッドH2の画像に切り替える条件とヘッドH2からヘッドH1に切り替える条件に幅をもたせ、途中でばたばたと切り替わるのをふせぐ。

【0111】画像のなかで背景と対象物体がはっきりと区別できる場合は、対象物体の画像だけを切り替えて使うのがよい。切り替え前後で画像がまったく同じことはありえないためすこしでも影響を小さくする意味で画像全体を切り替えるよりも対象物体だけの方が面積的に小さく切り替えの影響を最小限にできる。その場合背景は、合成して得られた背景には切り替えの影響はないから、時空間マップにあるデータから合成して得られた背景をつかうのがもっとも良い。

【0112】切り替えるヘッドどうしの位置が離れていたりして切り替える画像どうしの差が大きい場合、切り替えた瞬間がはっきりとわかり不自然になる場合がある。その場合は完全に切り替える前に2つの画像から合成した中間的な画像をつかって柔らかに切り替える。たとえば画像の編集で良く行なわれるクロスフェードのような感じで切り替える。図26のようにこれは切り替える2つの画像にそれぞれ重みをつけて加えることで実現できる。図26では、切り替え条件の例として仮想カメラの位置によって切り替える場合がある。仮想カメラの位置に応じて係数kが変化している。この係数を次の(11)式に入れ中間的な画像を作り出す。式(11)は、ヘッド1とヘッド2を切り替える場合である。切り替えは画像は変換面を使って変換したあとのものを使う。

【0113】

値の部分が長時間かかる場合は、切り替えの方向を考えて、空間的な位置では切り替え条件の途中であっても、

一定時間でその切り替えを終了させてしまうことが必要になる。またストップモーションや駒送りなど特殊再生では切り替えを行わないほうが自然な場合もある。そのため切り替え条件は複数用意して、再生方法や、撮影条件で切り替え条件を選んだり、切り替えをやめるなどの設定が必要となる。

【0114】ヘッドの切り替えを行なう場合、変換面もまた切り替えることになる。切り替えるヘッドどうしが離れていたりすると、切り替え点での変換面の傾きが大きく違う可能性がある。変換面の傾きは画像の歪みに大きく関与するから、変換面の切り替えで画像が大きく変化する可能性がある。そのため変換面の傾きや、位置を切り替えの前後でなめらかに連続するようにすると良い。図27(a)ではヘッド271と仮想カメラVCの間の変換面は273であるが、ヘッド272との間の変換面は274でその角度が大きく違う。図27(b)では切り替え点での変換面は275で共通である。このように切り替えが予想される場合の変換面はたとえば仮想カメラの光軸に垂直な面など仮想カメラに対して決定できるものを使ったほうが切り替えの時の変換面の移動が

なく計算が楽になる。

【0115】また、仮想カメラが移動するような画像で、対象物体の位置により仮想カメラに近い方のヘッドの画像ではなく、対象物体に近い方のヘッドの画像を用い、対象物体が移動した場合に、その位置によってヘッドの画像を切り替えることができる。例えば、図28

(a)に示すように、対象物体がAのエリアにいる場合、仮想カメラVCがAのエリアからBのエリアに動く場合、図28(b)に示すように仮想カメラがBのエリアに動いてもなお対象物体がエリアAにいる場合、仮想カメラはヘッドH2に近いが、対象物体の画像は遠い方のヘッドH1の方が対象物体に対する情報が多く、画像変換する場合にはヘッドH2の画像より優れている場合がある。この場合には対象物体の位置により切り替える方式をとることができる。

【0116】

【発明の効果】このように、本発明は構成されるため、次の効果がある。

【0117】(1) ジャンプやアルペン競技のように競技者が3次元空間内を移動する競技を撮影して任意の位置から撮像した画像として画像編集することができる。

【0118】(2) アメリカンフットボールやラグビーのように競技者が倒れたりする競技であっても3次元画像として画像編集できる。

【0119】(3) 変換平面を移動物体を通過する面とすることで撮像する移動物体に適合する自然な画像変換ができる。

【0120】(4) 複数の撮像カメラを用いた場合に、変換平面を一つの撮像カメラあるいは仮想カメラの光軸に垂直の角度とすることで画像変換に伴う演算処理にお

いてパラメータを減らすことができるためその演算を簡単化できる。

【0121】(5) 撮像カメラは固定であり、仮想カメラの空間位置を移動させるような場合に、仮想カメラが撮像カメラの光軸と垂直になるような位置にくるような場合であっても、変換面を撮像カメラの光軸と仮想カメラの光軸との角度となす角度のたとえば半分となるような角度にすることで仮想カメラの位置がどのような条件であっても画像変換ができる。

【0122】(6) 変換面として複数の撮像装置の視野が構成する空間領域内の任意の面をとることができるため、移動物体が複数あった場合に、それぞれの移動物体の位置に係わらず変換面を設定して仮想カメラの画像に変換できる。

【0123】(7) 背景画像も3次元情報としてもっており、この背景画像を仮想カメラの位置等のパラメータにしたがって変形して移動物体の画像と合成するため、移動物体の背景も移動物体の動きにしたがって移動し、3次元空間を移動するリアル感のある画像を合成できる。

【0124】(8) アルペンスキー競技のように、背景が白色で立体感覚がつかみ難い場合の画像でも、前の競技者の軌跡を背景画像として用いることで、競技状況を認識しやすくなる。また前の競技者の画像を背景画像として残すことにより、前の競技者との比較が可能となる。

【0125】(9) サッカーのように複数の競技者が移動するような競技を仮想カメラで撮像した画像に編集する場合に、その複数の競技者の仮想カメラに対する前後関係がその動きによって前後するような場合であっても、その前後関係を考慮して後ろの画像を隠れたものとすることができる。

【0126】(10) 複数の画像を用いてその前後関係により一つの仮想カメラの画像に変換する場合に、移動物体を背景から抜き出しているため、その合成が容易であり、また前後関係から後ろの画像をマスクする処理が容易となる。

【0127】(11) 複数の撮像カメラで同一の移動物体を撮像した画像を仮想カメラの画像に変換する場合に、仮想カメラの撮像条件にもっとも適合する撮像カメラの画像を用いて変換するので、仮想カメラが移動するような場合でも自然な画像が得られる。

【0128】(12) 仮想カメラが移動し複数の撮像カメラで撮像した画像を切り替えながら画像変換する場合でも、その切り替え条件がヒステリシスになっているため、中間領域で切り替えが頻発して画像が悪化することはない。

【0129】(13) 移動物体がゆっくり移動している場合に、仮想カメラも移動しながら撮像カメラの画像を切り替える場合にも、切り替えを急激に行うことで、見

10

20

30

40

50

た目にその切り替えが不自然ではないようにできる。

【0130】(14) 二つの撮像カメラの中間領域の部分は二つの撮像カメラの画像情報を平均化した画像を合成し、これを変換面に投影して仮想カメラの画像に変換するためその切り替えが不自然にはならない。

【0131】(15) 変換面として平面ではなく曲面を用いることで、トラック競技やスピードスケートのように曲線コースを用いる競技を撮影している場合でも、曲線コースと直線コースとを同じに扱うことができるため、競技者の比較が容易にできる。特に曲線コースの内側から撮った画像で処理すると、曲線コースを直線コースに変換でき、例えばスピードスケートのコース別の競技者や別の時刻に行われた競技者の動作を比較が一目で可能である。

【0132】(16) 先願のように拘束平面を使用して3次元位置を求めて画像処理を行う場合に拘束平面とは別に変換面を選択することでより自然な画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第1実施例でジャンプ競技を計測する場合の様子を示す図。

【図2】本発明第1実施例の画像処理装置の構成を示すブロック図。

【図3】撮像された画像を変換面を介して仮想カメラの画像へ変換する様子を説明する図。

【図4】カメラヘッドの座標から仮想カメラへの座標変換を説明する図。

【図5】座標系の変換を示す図。

【図6】座標変換を行うための画像変換ユニットの構成を示すブロック図。

【図7】二つのカメラヘッドで対象物体を撮影するときの様子を示す図。

【図8】二つのカメラヘッドの視野が構成する領域を説明する図。(a)は視野が同じ場合の例、(b)は視野が異なる場合の例。

【図9】一つの撮像カメラの光軸に垂直な平面を変換面とした場合を説明する図。

【図10】撮影カメラと仮想カメラとのなす角度の半分の位置に変換面を設定した場合を説明する図、(a)は、撮影カメラと仮想カメラとのなす角度の半分に平行に変換面を設定した場合、(b)は撮影カメラと仮想カメラのなす角度の半分に垂直に変換面を設定した場合の例。

【図11】ジャンプ選手を通過する面を変換面とした例。

【図12】二人のジャンプ選手を同時に重ねて表示した例を示す図。

【図13】回転競技の場合に作成する背景の立体モデルの例を示す図。

【図14】背景としてスキーマの軌跡を用いる場合および

選手の映像を背景として用いる例を示す図。

【図15】第3実施例の複数の競技者をそれぞれの追尾ヘッドで追尾する場合の変換を説明する図。

【図16】第3実施例に用いる画像編集ユニットのブロックを示す図。

【図17】第3実施例の3つのヘッドからの画像例とその画像コントロール信号を示す図。

【図18】第3実施例の仮想カメラ位置と3つのヘッド画像から変換した仮想カメラ画像との関係を示す図。

【図19】図17の3つの仮想カメラ画像から合成した画像例を示す図。

【図20】第3実施例のプライオリティテーブルの例とその出力画像を説明する図。

【図21】曲線上の走行している対象物体に変換面として曲面を用いる例を説明する図。

【図22】直線上を走る選手を撮像している例を示す図。

【図23】曲面を変換面とする画像を直線に引き伸ばす様子を説明する図。

【図24】曲面上を走行する選手を変換面を平面として直線上を走行する画像に変換する様子を説明する図。

【図25】第5実施例の二つのヘッドで追尾して撮影した画像を移動する仮想カメラの画像に変換する場合を説明する図、(a)は仮想カメラがヘッドと同じ側にある場合、(b)は仮想カメラがヘッドとは反対側にある場合の例。

【図26】第5実施例の画像を切り替える場合に二つのヘッドの中間領域で中間的な画像を生成する場合の係数kの変化を示す図。

【図27】画像を切り替える場合の変換面のヘッドに対する角度を説明する図、(a)は二つのヘッドと仮想カメラとの変換面の角度が異なる場合、(b)は二つのヘッドと仮想カメラの変換面が共通の場合。

【図28】対象物体の存在する領域によりヘッドの画像を切り替える場合を説明する図。

【符号の説明】

11、12 カメラヘッド

13 記録ユニット

14 画像編集ユニット

15 3次元位置演算ユニット

16 タイムベースユニット

17 仮想カメラコントローラ

18 仮想カメラ画像

31、32 カメラヘッド

33 仮想カメラ

34 変換面(投影面)

41 アドレス計算ユニット

42 画像データテーブル

43~51 係数レジスタ

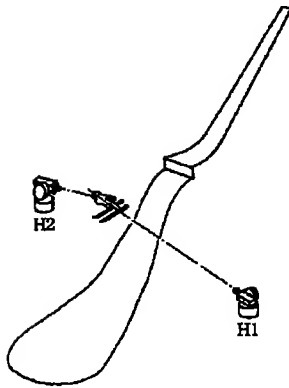
52、53 割算器

55、56 コンパレータ
 151、152、153 カメラヘッド／記録ユニット
 154 同期コントローラ
 155 タイミングジェネレータ
 156 CPUバス
 157 メインコントローラ
 158 仮想カメラ操作器
 159 仮想カメラコントローラ

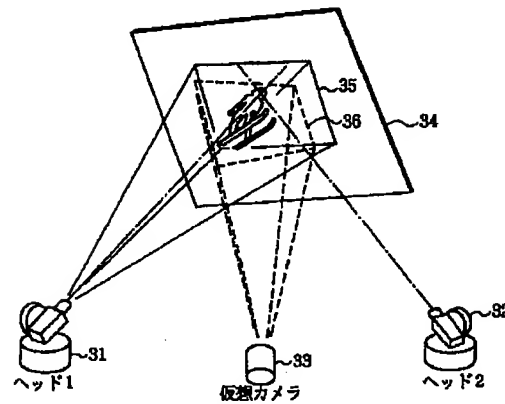
* 160 画像変換ユニット
 161 背景用計算機
 162 背景画像メモリ
 166 プライオリティテーブル
 167 イメージセクタ
 181、182、183 画素
 273、274、275 変換面

*

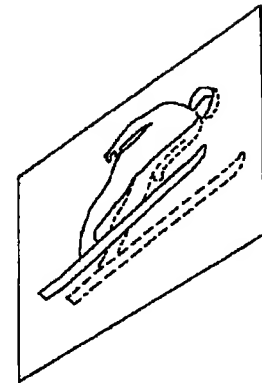
【図1】



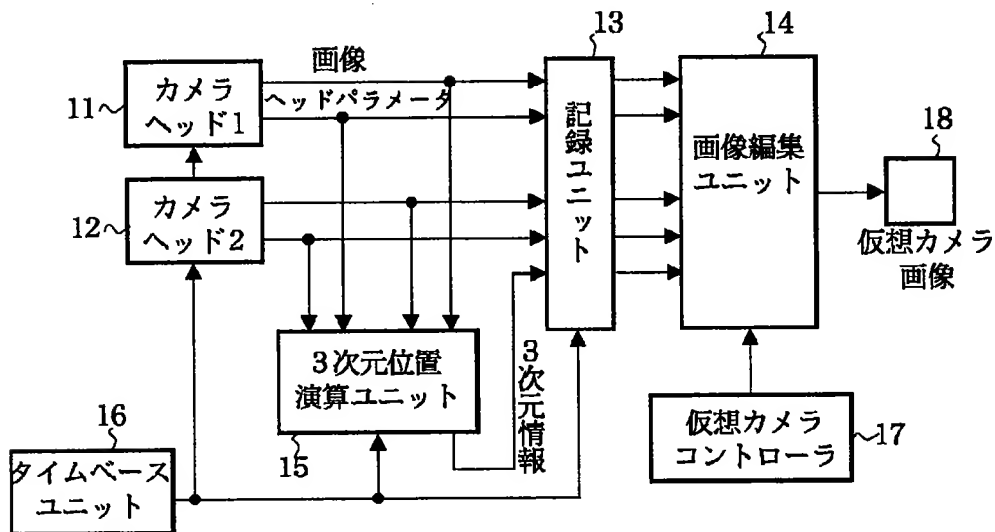
【図3】



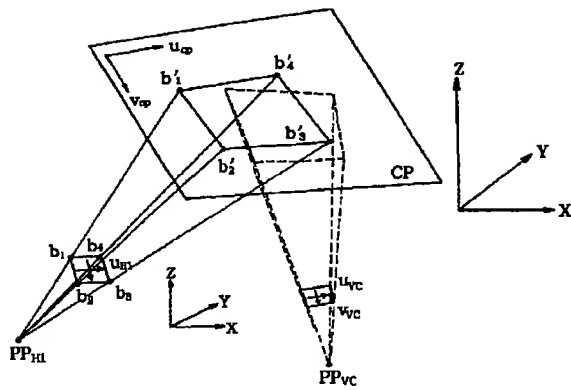
【図11】



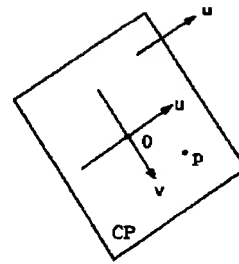
【図2】



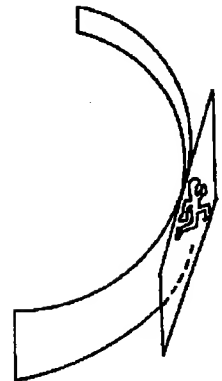
【図4】



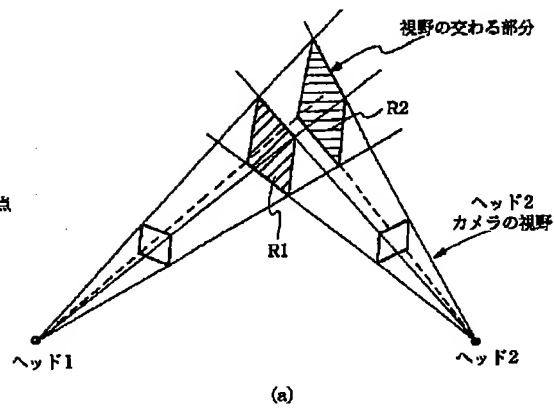
【図5】



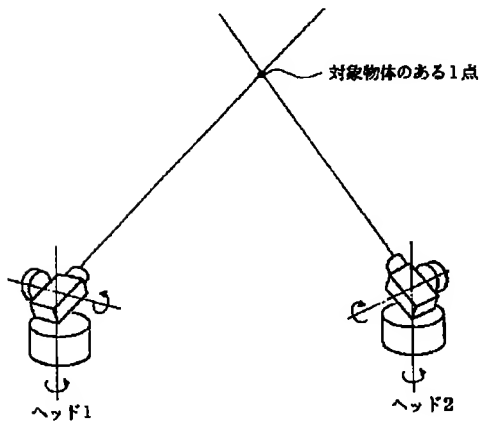
【図24】



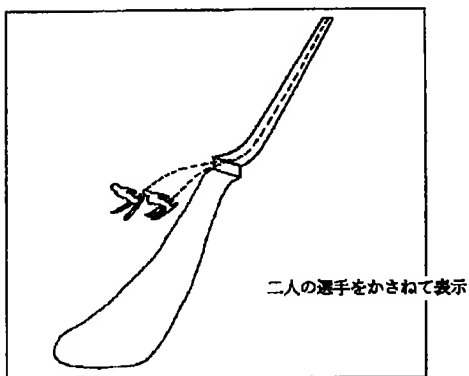
【図8】



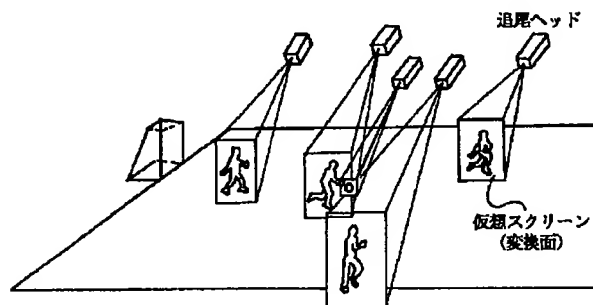
【図7】



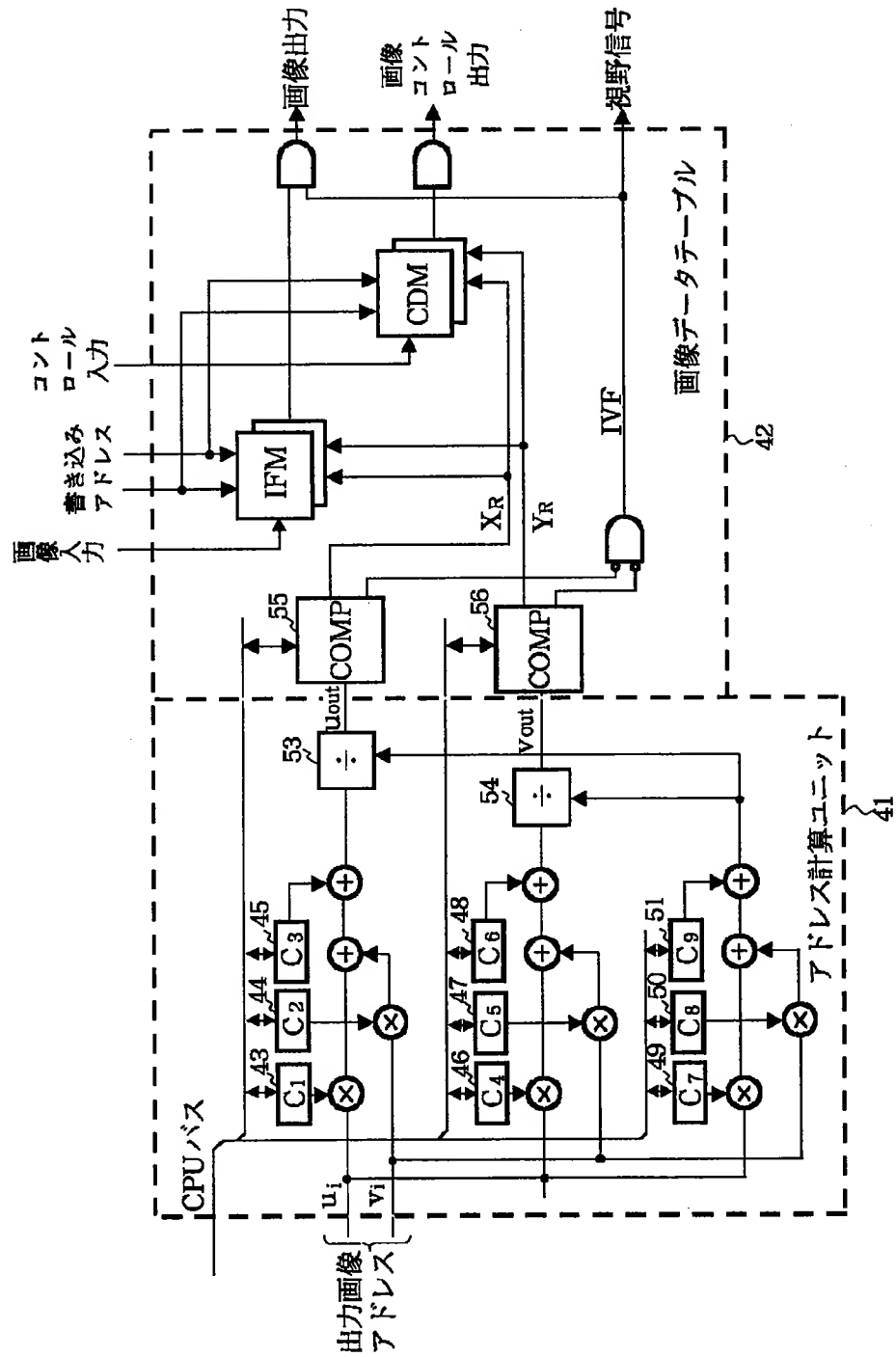
【図12】



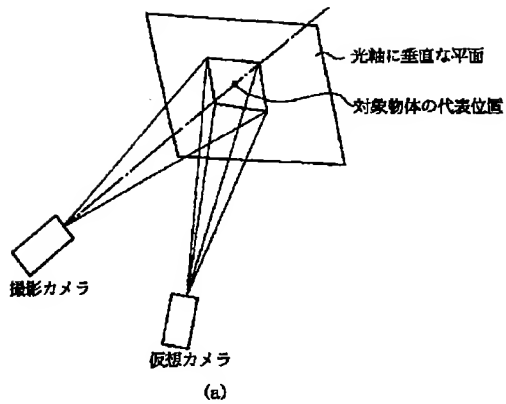
【図15】



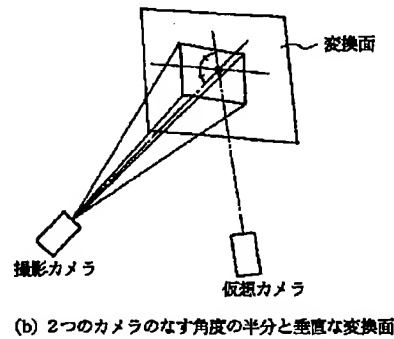
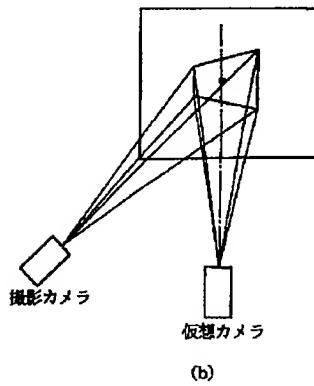
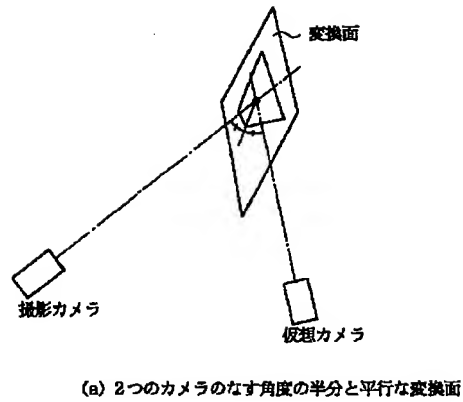
【図6】



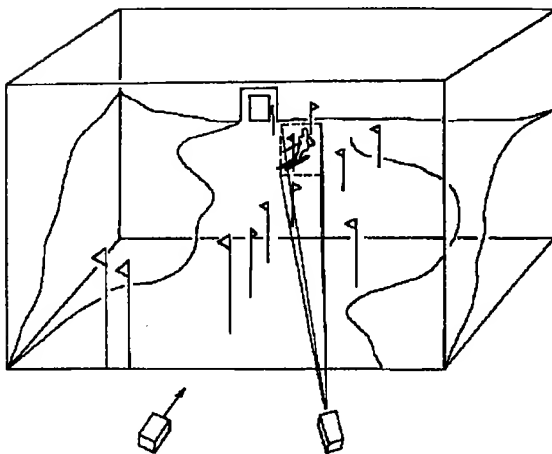
【図9】



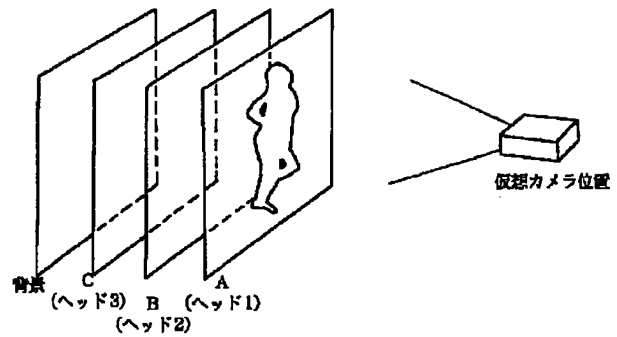
【図10】



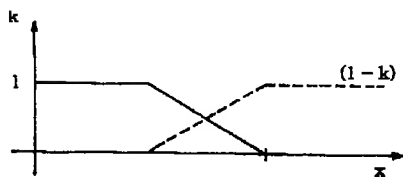
【図13】



【図18】



【図26】

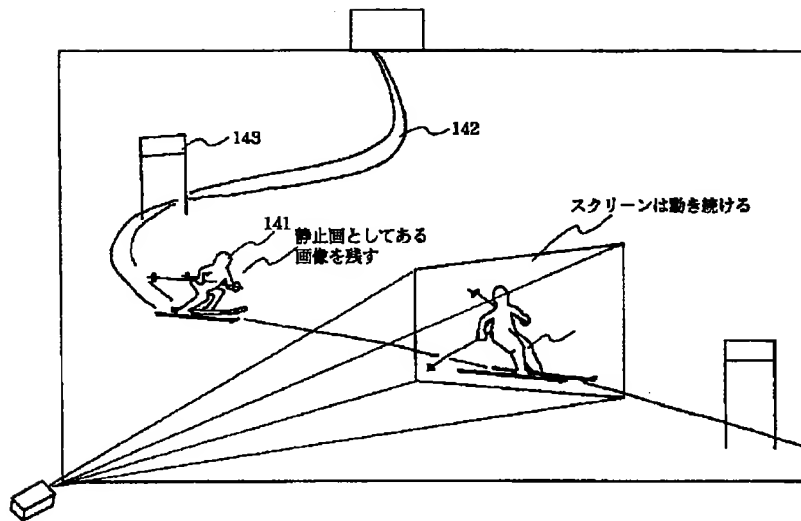


【図20】

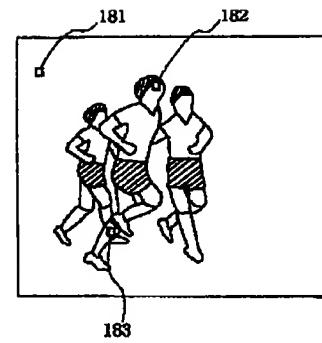
入力			出力	
ヘッド1	ヘッド2	ヘッド3	セクタ	出力画像
0	0	0	0	背景
1	0	0	1	選手A
0	1	0	2	選手B
1	1	0	1	選手A
0	0	1	3	選手C
1	0	1	1	選手A
0	1	1	2	選手B
1	1	1	1	選手A

プライオリティテーブル

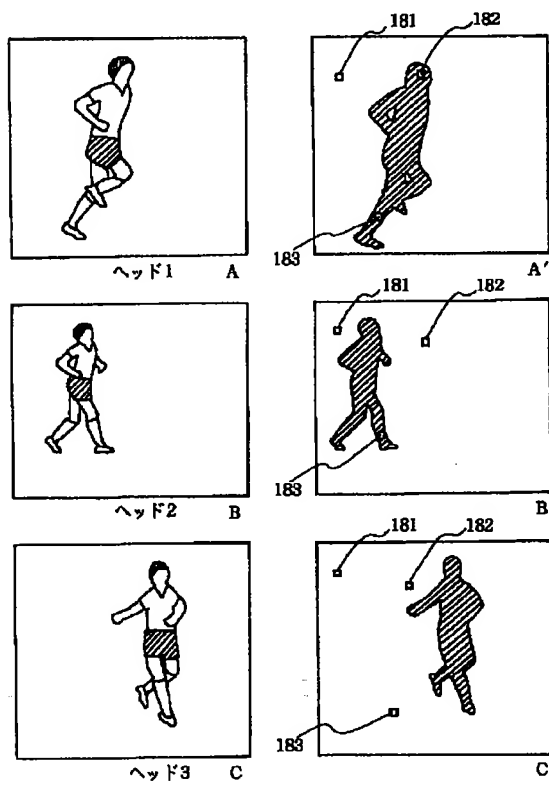
【図14】



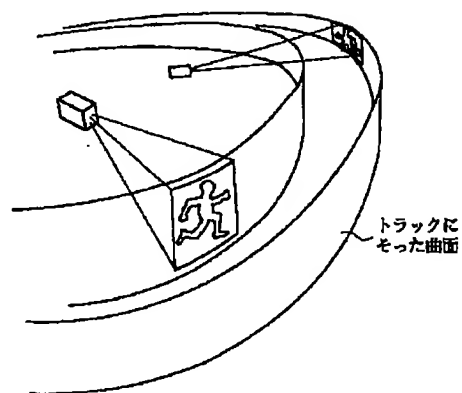
【図19】



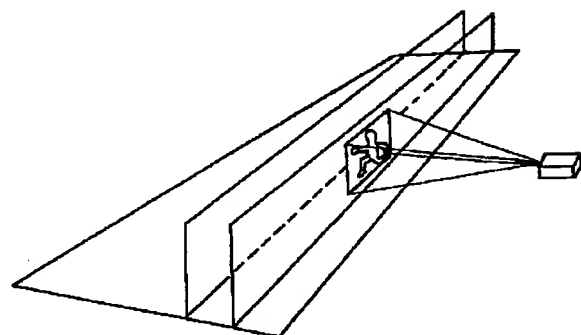
【図17】



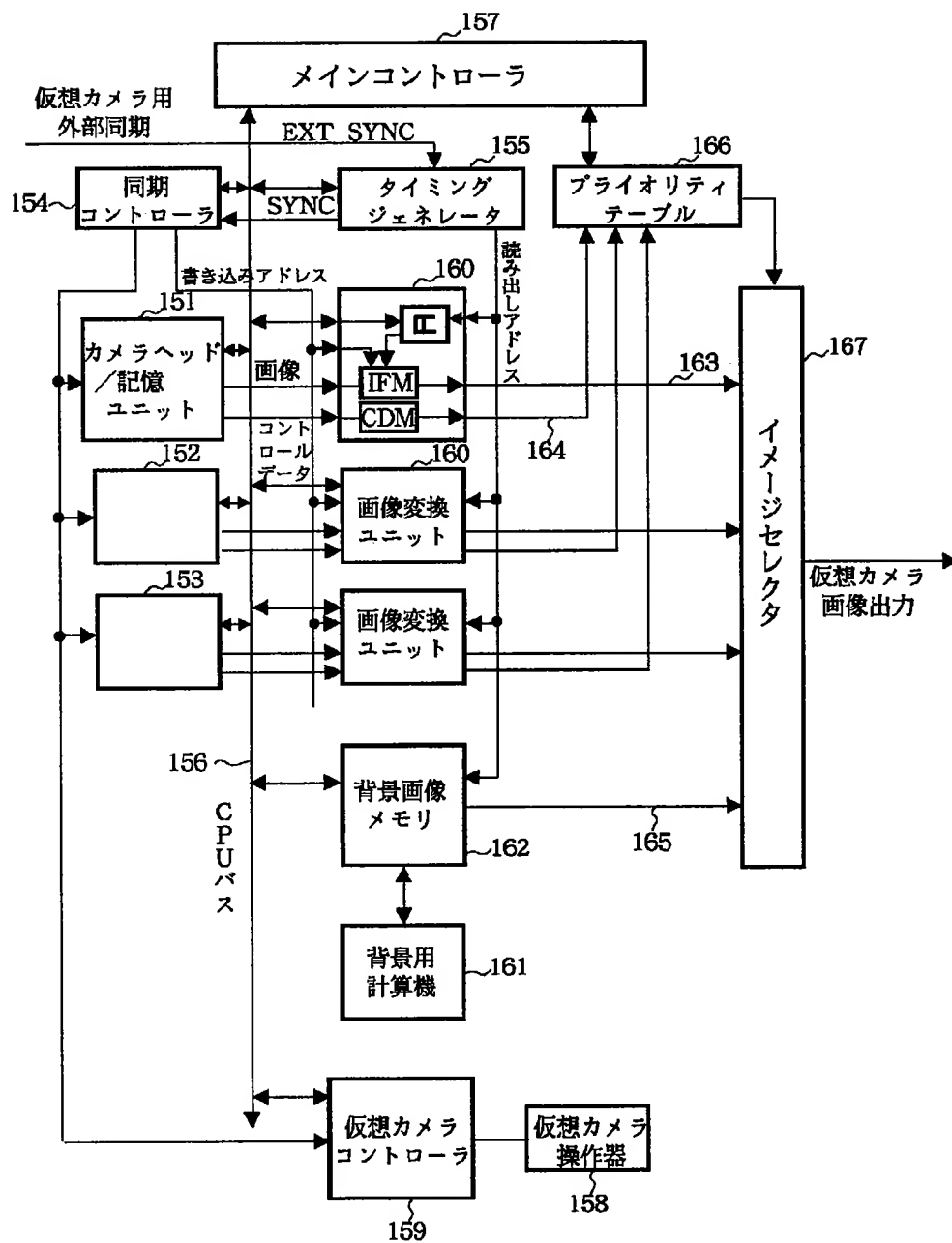
【図21】



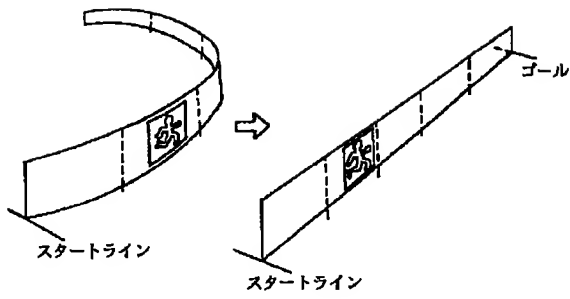
【図22】



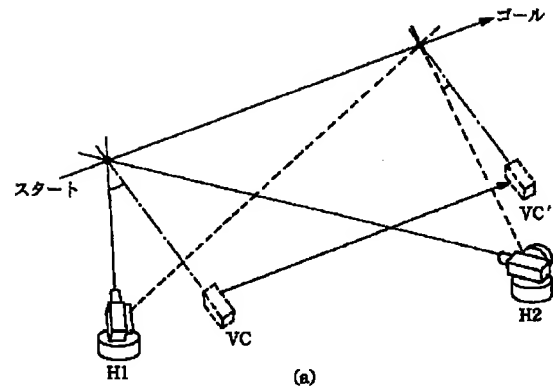
【图 16】



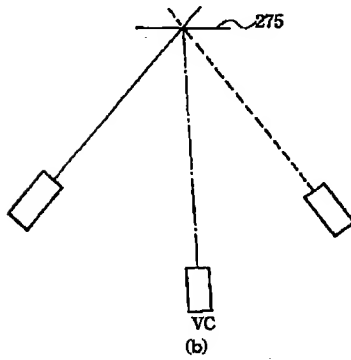
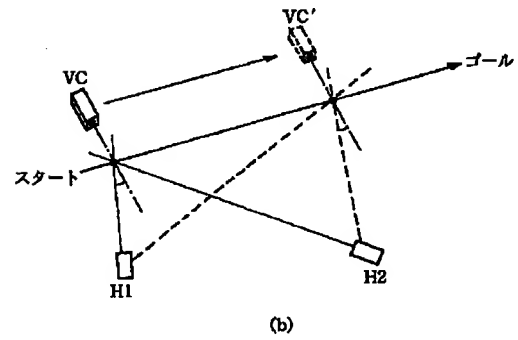
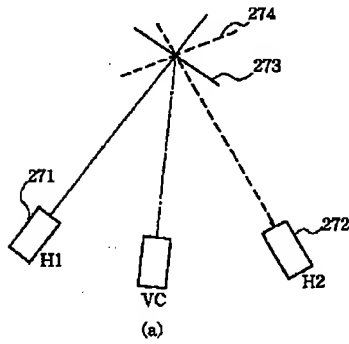
【図 23】



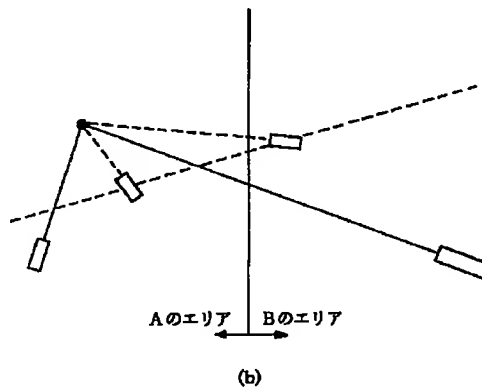
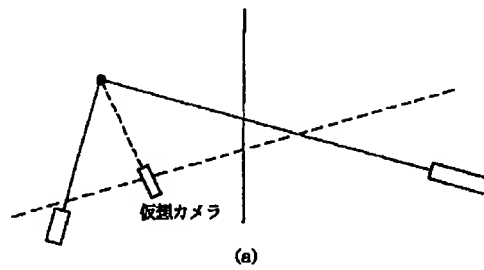
【図 25】



【図 27】



【図 28】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶
H 0 4 N 7/32

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 N 7/137

Z